

CRITERIOS PARA IMPLEMENTAR UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR

**VÍCTOR JOSÉ ÁVILA BAUTISTA
WILMAR ENRIQUE IZQUIERDO MORENO**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, COLOMBIA
2008**

CRITERIOS PARA IMPLEMENTAR UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR

VÍCTOR JOSÉ ÁVILA BAUTISTA
CÓDIGO 012810
vicjoab@hotmail.com

WILMAR ENRIQUE IZQUIERDO MORENO
CÓDIGO 021078
wizquierdo_mo70@hotmail.com

MONOGRAFÍA DE GRADO

ASESOR TÉCNICO
ING. JORGE ALBERTO ARÉVALO ALDANA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, COLOMBIA
2008

Nota de Aceptación:

JORGE ALBERTO ARÉVALO ALDANA
Asesor

DIEGO FERNANDO HUERTAS ORTIZ
Jurado

AMPARO CECILIA MARTÍNEZ IZQUIERDO
Jurado

Bogotá, Noviembre de 2008.

Dedicatoria

Este proyecto de grado se lo dedico a Dios ya que fue quien me dio la sabiduría para afrontar cada momento alegre y difícil de mi vida. También se la dedico a mi núcleo familiar, el cual está conformado por mis padres y mi hermana, ya que ellos son las personas que me brindaron la oportunidad y tuvieron la paciencia para poder llegar a ser quien soy el día de hoy un profesional integro y con deseos de seguir progresando. Por último para aquellas personas que de una u otra forma ayudaron a que este proyecto fuera realidad

Víctor José Ávila Bautista

Dedico este proyecto de grado a Dios, a mi padre Jorge Izquierdo, con todo el corazón a mi madre Luz Marina Moreno a mis hermanas Sandra Liliana y Andrea Carolina, que durante todo el proceso han sido el pilar fundamental, entregándome siempre un apoyo inmenso e incondicional a pesar de mis errores, además de todo el amor, valores éticos y morales que forjaron la persona que hoy entrega este proyecto.

A mi familia en general que han apoyado mi deseo de ser ingeniero y a todas y cada una de las personas que directa o indirectamente tuvieron que ver con el cumplimiento de este inmenso logro.

Wilmar Enrique Izquierdo Moreno

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente agradecemos a DIOS por darnos la oportunidad de gozar de buena salud, entendimiento y sabiduría para afrontar día a día los retos que se nos presentan en especial este proyecto de grado.

Agradecemos a nuestras familias que fueron el mayor apoyo incondicional y desinteresado que tuvimos siempre, que con su ánimo nos dieron la fuerza para concluir una etapa más, una etapa muy importante de nuestras vidas.

A nuestro asesor Jorge Arévalo, por darnos la oportunidad de adquirir conocimiento y mostrarnos la forma correcta de encontrar el camino para llevar a buen término el proyecto de grado, aún bajo las circunstancias adversas que se presentaron.

A los docentes que entregaron sus conocimientos para tener una formación completa e integral como profesionales.

A nuestros amigos y compañeros, que fueron una compañía en este camino recorrido de tristezas, trabajo, alegrías vividas y metas cumplidas.

También a todas las personas que en un momento determinado formaron parte directa o indirectamente de este logro.

Gracias...

CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN	16
2. INTRODUCCIÓN	17
3. OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GENERAL.	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	18
4. MARCO REFERENCIAL	20
4.1 ANTECEDENTES	
4.1.1 ¿Qué se conoce de PLC?	20
4.1.2 PLC en Colombia.	20
4.1.3 Protocolo X10.	25
4.2 MARCO TEÓRICO	26
4.2.1 Consideración de las Características de la Red Eléctrica dependiendo de la zona en que se encuentre.	26
4.2.2 Funcionamiento de una Red Eléctrica.	26
4.2.3 ¿Qué es PLC? (Power Line Comunicación).	28
4.2.4 Clasificación de las Redes PLC.	29
4.2.5 Entorno de PLC.	29
4.2.6 Características de PLC (Power Line Communication).	30
4.2.7 Desventajas de PLC (Power Line Communication).	30
4.2.8 Ventajas del PLC (Power Line Communication).	31
4.2.9 Funcionamiento de PLC (Power Line Communication).	34
4.2.10 Estructura PLC.	35
4.2.11 ¿Qué dicen los fabricantes?	39
4.2.12 Algunos modelos o tipos de dispositivos que hay en el mundo.	39
4.2.13 Descripción del medio de transmisión PLC (power line communication).	45

4.2.14	Canal o medio físico.	47
4.2.15	Instalación eléctrica propuesta para el proyecto.	51
4.2.16	Topologías para redes de datos.	52
4.2.17	Características de la red eléctrica para PLC.	55
4.2.18	Red de distribución de potencia.	55
4.2.19	Modelo colombiano de redes eléctricas.	57
4.2.20	Sistemas de alimentación.	58
4.2.21	Compatibilidad electromagnética.	59
4.3	MARCO CONCEPTUAL.	62
4.4	ESTADO DEL ARTE.	63
5.	METODOLOGÍA.	64
5.1	ETAPAS DE DESARROLLO	64
5.1.1	Primera etapa.	64
5.1.2	Segunda etapa.	64
5.1.3	Tercera etapa.	64
5.1.4	Cuarta etapa.	64
5.1.5	Quinta etapa.	65
5.1.6	Sexta etapa.	65
5.1.7	Séptima etapa.	65
5.1.8	Octava etapa.	65
6.	DESARROLLO.	66
6.1	ARQUITECTURA.	67
6.1.1	Topología.	67
6.1.2	Red eléctrica.	67
6.2	CONEXIÓN PLC PARA INSTALACIONES MONOFÁSICAS.	69
6.3	CONEXIÓN PLC PARA INSTALACIONES BIFÁSICAS.	69
6.4	CONEXIÓN PLC PARA INSTALACIONES TRIFÁSICAS.	71
6.5	CONEXIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DHP-300.	73
6.5.1	Conexión.	73

6.6 DISEÑO PLAN DE PRUEBAS.	78
7. PRUEBAS Y RESULTADOS.	80
7.1 PLAN DE PRUEBAS.	80
7.1.1 Elementos y componentes utilizados.	80
7.1.2 Software utilizado.	80
7.2 ESCENARIO DE PRUEBAS.	80
7.3 PRUEBAS A REALIZAR.	81
7.3.1 Prueba 1.	81
7.3.2 Prueba 2.	84
7.3.3 Prueba 3.	86
7.3.4 Prueba 4.	88
7.3.5 Prueba 5.	91
7.3.6 Prueba 6.	93
7.3.7 Prueba 7.	95
7.3.8 Prueba 8.	97
7.3.9 Prueba 9.	101
8. CONCLUSIONES.	103
9. RECOMENDACIONES.	104
10. TRABAJO FUTURO.	105
11. GLOSARIO.	106
12. BIBLIOGRAFÍA.	108
13. ANEXOS.	114
13.1 ANEXO 1.	114
13.2 ANEXO 2.	114
13.3 ANEXO 3.	114

13.4 ANEXO 4.	114
13.5 ANEXO 5.	114
13.6 ANEXO 6.	114
13.7 ANEXO 7.	114

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Segmentación de red eléctrica y PLC.	26
Figura 2. Recorrido de PLC en el hogar.	27
Figura 3. Esquema de red PLC Outdoor / Indoor.	33
Figura 4. Home Gateway.	34
Figura 5. Estructura de la red Indoor.	35
Figura 6. Módem PLC.	36
Figura 7. Esquema de conexión de dispositivo.	37
Figura 8. Esquema de rangos de frecuencias para PLC.	38
Figura 9. Logo de empresa HOMEPLUG.	39
Figura 10. Chip INTELLON INT6300.	40
Figura 11. Dispositivo TRENDnet para PLC.	41
Figura 12. Dispositivo D-Link para PLC.	41
Figura 13. Switch, acoplador, router y planta de distribución PLC de Motorola.	42
Figura 14. Dispositivo HD-PLC de Panasonic.	43
Figura 15. Dispositivo PLC SECA.	44
Figura 16. Esquema Básico de Canal PLC.	45
Figura 17. Cables para Red Eléctrica.	46
Figura 18. Algunas presentaciones de tomacorriente.	49

Figura 19. Breaker o tacos eléctricos de seguridad.	49
Figura 20. Caja de circuitos.	50
Figura 21. Instalación eléctrica construida.	50
Figura 22. Especificación de Fase, Neutro y Tierra en el tomacorriente.	51
Figura 23. Topología de red en bus.	52
Figura 24. Topología de red en anillo.	52
Figura 25. Topología de red en estrella.	53
Figura 26. Topología de red en árbol.	53
Figura 27. Sistema de Transmisión y Distribución de Potencia.	55
Figura 28. Redes de Distribución Colombianas: voltajes de suministro.	56
Figura 29. Transformación de voltaje de media tensión a baja tensión.	57
Figura 30. Conexión monofásica externa y red PLC interna.	68
Figura 31. Conexión bifásica interna.	69
Figura 32. Conexión bifásica PLC interna.	70
Figura 33. Conexión trifásica interna.	71
Figura 34. Conexión trifásica PLC interna.	72
Figura 35. Cable UTP categoría 5e.	73
Figura 36. Conexión de cables UTP a los dispositivos PLC.	74
Figura 37. Conexión del router al servicio de internet.	74
Figura 38. Dispositivos induciendo señal de datos.	75
Figura 39. Red PLC ensamblada.	75
Figura 40. Dispositivos en la red PLC.	76

Figura 41. Dispositivos en la red PLC.	76
Figura 42. Funcionamiento de la red eléctrica.	82
Figura 43. Carga de datos a la red eléctrica con el DHP-300.	85
Figura 44. DHP-300 sobre red eléctrica menor a 100 m.	87
Figura 45. Toma de datos de canal de subida.	89
Figura 46. Toma de datos de canal de bajada.	91
Figura 47. Conexión de electrodomésticos para pruebas.	93
Figura 48. Comportamiento de la señal PLC con electrodoméstico.	94
Figura 49. Conexión de varios equipos a la red PLC.	95
Figura 50. Red PLC sobre fases diferente.	96
Figura 51. Protocolos de la red en la transmisión.	98
Figura 52. Captura de protocolos de transmisión NetMeeting.	99

LISTA DE FÓRMULAS

	Pág.
Fórmula 1. Fuerza electromotriz en los devanados del transformador.	60
Fórmula 2. Relación de transformación	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de acuerdo al tipo de conexión.	32
Tabla 2. Comparación de dispositivos PLC.	39
Tabla 3. Pruebas y resultados dispositivo Panasonic.	44
Tabla 4. Tabla de calibres de cables.	48
Tabla 5. Comparación transformadores AC y DC.	61
Tabla 6. Formato plan de pruebas.	77
Tabla 7. Prueba uno.	83
Tabla 8. Prueba dos.	85
Tabla 9. Prueba tres.	87
Tabla 10. Prueba cuatro.	89
Tabla 11. Prueba cinco.	91
Tabla 12. Prueba seis.	94
Tabla 13. Prueba siete.	96
Tabla 14. Prueba ocho.	98
Tabla 15. Prueba nueve.	102

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE D-LINK. FORMATO DIGITAL.	114
ANEXO 2. DOCUMENTACIÓN DE NORMATIVIDAD EN REDES ELÉCTRICAS. RETIE (REGLAMENTO TÉCNICO PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS). FORMATO DIGITAL.	114
ANEXO 3. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE MOTOROLA. FORMATO DIGITAL.	114
ANEXO 4. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE INTELLON. FORMATO DIGITAL.	114
ANEXO 5. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE SAMSUNG. FORMATO DIGITAL.	114

1. RESUMEN

PLC (Power Line Communication), **comunicación por la red eléctrica**, es una tecnología que no es conocida en su totalidad, tanto en aspectos de implementación como de uso, inicialmente se están realizando pruebas de desarrollo para PLC en países de Europa y de Norte América, pruebas que permiten dar a PLC la capacidad de hacer transmisión y recepción de información bajo los estándares trabajados en las redes de comunicaciones actuales, ahora en Colombia bajo el esfuerzo de algunas empresas nacionales y organismos educativos se está dando un paso en el desarrollo de la tecnología PLC (Power Line Communication) con investigaciones y desarrollo de prototipos que cumplan con los estándares de la misma.

En Colombia, ya que PLC es poco conocida, las investigaciones sobre ésta tecnología son mínimas, por esta razón este trabajo se basa en la recopilación de información en aspectos de funcionamiento, estructuras, alcances, restricciones y demás características necesarias para la implementación de PLC como una solución con una viabilidad económica y que supla las necesidades del mundo tecnológico actual.

2. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo existe una tecnología que se conoce con el nombre de PLC (*comunicación por la red eléctrica*), de la cual podría decirse que es nueva por el hecho de que hasta ahora quiere implementarse en forma comercial aunque ya es así en algunos países de Europa y América. En Colombia aunque ya es conocida por algunos entes como universidades y algunas empresas, no se ha implementado de una forma comercial, por la poca información e investigación que se tiene al respecto.

En un comienzo se utilizó la línea eléctrica como medio de comunicación y control a bajas velocidades en la transmisión de datos (las compañías eléctricas comenzaron a utilizar sus instalaciones eléctricas para la transmisión de datos), luego a finales de los 90's compañías Españolas, Inglesas y Canadienses presentaron esta solución como una tecnología que les permitiera que Internet fuera accesible por las redes eléctricas.

Como esta tecnología va en crecimiento acelerado, con este estudio se quiere ampliar el conocimiento y aceptación por parte de los usuarios en Colombia para que sea un hecho tener a PLC como una herramienta a nivel comercial y en la cotidianidad de los usuarios.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las características necesarias para implementación de una red PLC Indoor/Outdoor.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar los dispositivos PLC encontrados en el mercado
- Seleccionar el dispositivo que cumple los requerimientos
- Comprobar las diferentes características del dispositivo
- Definir la arquitectura a trabajar para la red PLC
- Implementar la red PLC Indoor
- Determinar por medio de pruebas el funcionamiento de la red Indoor.
- Determinar el funcionamiento de la red PLC en aspectos como:
 - Relación señal a ruido.
 - Capacidad de canal (Rata de bits).
 - Distancia de transmisión en metros.
 - Canal de subida.
 - Canal de bajada.
 - Relación de fase.
 - Comportamiento del ruido provocado por los electrodomésticos.
 - Colisiones al conectar varios equipos.

- Simular el funcionamiento de la red PLC Outdoor con los equipos utilizados en la red Indoor.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

4.1.1 ¿Qué se conoce de PLC?

En la actualidad en Colombia son pocas las empresas y universidades que trabajan este tipo de tecnología, en la Fundación Universitaria San Martín se han realizado dos proyectos relacionados con PLC, *Prototipo básico de una red PLC para un sistema Indoor* realizada por Néstor Andrés Villarraga Marín y *Prototipo PLC para un sistema Indoor adecuado para una red LAN* por Javier Ortiz Monsalve y Wilmer Farfán Arévalo, por otra parte es posible señalar estudios como:

Ingenieros PLC Tesis S.A. TESIS es una empresa dedicada a brindar servicios profesionales para el desarrollo de sistemas de automatización industrial y gestión de la información a través de la incorporación de nuevas tecnologías. [BUME2006]

Power Line Communication en baja tensión (Tesis de Maestría), Carlos Fernando Gómez Albelvez. [REVI2006].

Análisis técnico económico de factibilidad de uso de las redes de media y baja tensión como redes de comunicación en Colombia – Tecnología PLC, Arquitectura y normatividad. Ujueta Rodríguez Camilo Andrés. [REVI.2006]

Internet por redes eléctricas (Tesis), Jiménez Gutiérrez Erica, Ceballos Escobar Edison. Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, Departamento de Electrónica. [ELEC2005]

Observando que se tiene relativamente pocos contactos e información sobre ella, es la razón por la cual se presenta el siguiente estudio.

Por otro lado a nivel mundial se han realizado investigaciones desde hace varios años, a groso modo se hace un recuento de la forma en la que se ha desarrollado:

- “Principios del siglo XX en la red de alta tensión (tele operación y telecontrol)
- 1997 Norweb (Nortel-West Electricity Board)

- 1997 OneLine (ALEMANIA, 8 hogares, 8 Mbps)
- 1998 DS2. Valencia. Desarrollo de productos PLC
- Desde 1998. Pruebas piloto en la práctica totalidad de la Unión Europea. ASCOM (Suiza), DS2 (España), NAMS y MAINET (Israel).
- España (Pruebas Piloto)
 - ENDESA. Barcelona (Julio 2000, 25 clientes), en Sevilla (Noviembre 2000, 25 clientes), y Santiago de Chile (Diciembre 2001, 50 clientes). En 2002, Prueba Tecnológica Masiva en Zaragoza con 2500 clientes (telefonía, acceso Internet, multimedia). ASCOM (3Mbps). DS2 (20Mbps).
 - IBERDROLA. Madrid, Toledo y Valencia. ASCOM, NAMS, DS2.
 - UNIÓN FENOSA. Alcalá de Henares, Guadalajara y Madrid. MAINET y DS2.
- Octubre 2003. Endesa, Iberdrola y Unión FENOSA obtienen licencia C1 con el fin de explotar una red de telecomunicaciones con tecnología PLC.
 - Octubre 2003. Lanzamiento comercial. IBERDROLA (Madrid) y ENDESA (Zaragoza)."[Ponencia 5]

4.1.2 PLC en Colombia

Por otro lado a nivel de Colombia se encuentran unas empresas y universidades que han hecho alguna investigación sobre PLC, como lo son:

Universidad de Antioquia [ELEC2006]

- *EXPERIENCIAS Y PRÁCTICAS SOBRE PLC REALIZADAS EN LOS LABORATORIOS DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA*

Se han realizado una serie de prácticas y desarrollos para el entendimiento y observación de la viabilidad de la tecnología PLC.

En primer lugar se trabajó a nivel de circuitos con diversos métodos, se caracterizaron líneas de conducción eléctrica para encontrar su atenuación y su impedancia característica en altas frecuencias propias del PLC. Normalmente los fabricantes de cables eléctricos no especifican estos parámetros para las bandas altas de frecuencia, pues las líneas eléctricas se trabajan típicamente en muy baja frecuencia (50-60Hz).

Se construyeron acopladores con ferritas que permitían inyectar y extraer la señal de comunicaciones de la Red Eléctrica, y que la aislaban de la tensión de la potencia eléctrica.

Dentro de lo que se denomina PLC Banda Angosta, existe el protocolo X-10, protocolo con el cual se permiten realizar aplicaciones de Domótica (*Automatización del Hogar*), se hicieron diversas instalaciones con un equipo típico de este protocolo con el fin de estudiar su viabilidad, facilidad de aplicación y montaje.

Como prácticas relativamente novedosas para el medio, se hicieron una serie de configuraciones de redes PLC de Banda ancha utilizando Módem PLC y Estaciones Bases PLC WiFi, USB inalámbricos, cámaras Web entre otras. Otra práctica de redes PLC de Banda Ancha más compleja desarrollada en los laboratorios de la Universidad de Antioquia involucra la integración de Módem PLC, dispositivos de sistemas inalámbricos WiFi y la Red de Cómputo de la Universidad.

Universidad Javeriana [INGE2007]

- *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DOMÓTICA PARA UN LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA*

El aumento de usuarios, estudiantes y profesores en los laboratorios de Ingeniería Electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito durante el último tiempo ha congestionado el acceso a las mismas; la propuesta de investigación formulada por el Grupo de Investigación “Ectrónica” del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Javeriana, pretende aprovechar el tendido de distribución eléctrica para crear una red domótica que ofrezca facilidades de acceso, control de los equipos del laboratorio, ahorro de energía y mejore la calidad de servicio para los estudiantes.

Para ello se aplicó la tecnología Power Line Communications (PLC) y se exploraron mejores alternativas de modulación digital, codificación y detección de

errores, acoples, protocolos de transmisión de datos y nuevas aplicaciones. Todo el proceso estuvo basado en la estimación del canal (en el tendido eléctrico) como medio de transmisión.

Este proyecto facilita el desarrollo de habilidades y competencias de docentes y de estudiantes del programa hacia la investigación, y significa un avance en la aplicación de nuevas tecnologías de comunicaciones para la solución de una necesidad del programa de Ingeniería Electrónica.

En el artículo se presentan los conceptos y principios básicos del sistema de transmisión de datos a través de la red eléctrica de baja tensión del laboratorio de electrónica de la institución.

Pontificia Universidad Javeriana - Facultad de Ingeniería - Carrera 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado, S.J., Bogotá, D.C., Colombia, Teléfono (57 -1) 3 20 83 20 ext. 5346 - reving@javeriana.edu.co

Universidad Nacional [GARA2007]

- *CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UN EDIFICIO PARA SU APROVECHAMIENTO COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN.*

Universidad Nacional de Colombia 2006 Departamento de Sistemas

- *MODELANDO ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES ELÉCTRICAS USADAS COMO CANAL PARA PROVEER TELECOMUNICACIONES*

Universidad Nacional de Colombia, Revista vol. 25 numero 003, Ingeniería e Investigación

- *PREGRADO/UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - BOGOTÁ, UNCB, COLOMBIA*

Título: Análisis y Diseño del modelo de Interconexión de una red de telecomunicaciones mediante la que se presta el servicio de valor agregado Internet con una red eléctrica convencional para prestar el servicio de Internet en Colombia Tutor: Zoila Inés Ramos Rodríguez.

- *ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LAS TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE SEÑALES PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET SOBRE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA*

Maestría/Magister en Maestría En Telecomunicaciones. Universidad Nacional De Colombia - Bogotá, UNCB, Colombia.

Universidad Distrital

- *MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DEL BLOQUE 11Y 12 DE LA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.*

Universidad de los Andes [REVI2005]

- *SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA DOMICILIARIA*

Esencialmente, un sistema de comunicaciones permite transmitir y/o recibir información. Los componentes y las características del sistema determinan qué tipo de información puede ser transmitida o recibida, cuántos canales, en qué frecuencias, con qué rapidez y fidelidad, a qué costo y con qué cobertura, además de su grado de inmunidad frente a ruido e interferencias y a otros parámetros de operación.

El sistema de comunicación de datos a través de la red eléctrica domiciliaria está constituido por dos tipos de elementos: físicos y lógicos; su diseño y construcción involucra la electrónica, la electricidad y la informática; la velocidad de los datos está limitada por el ancho de banda del cable bifilar y por las técnicas de codificación y modulación empleadas; las frecuencias de transmisión se seleccionan según la norma CENELEC EN50065-1, la cobertura es local domiciliaria, la inmunidad frente a ruido e interferencias depende de la frecuencia de transmisión y de la utilización de un tipo de transmisión a dos hilos: línea-tierra

ó línea-neutro; en cuanto a costos, el sistema es una alternativa económica y de rápida instalación para el transporte de datos..

Revista de Salud [REVI2007]

- *FUNCIONES DE MONITOREO Y CONTROL DE SIGNOS VITALES A TRAVÉS DEL ENVÍO DE DATOS, A DISTANCIA, USANDO LA RED ELÉCTRICA*

Este artículo presenta una revisión a la tecnología PLC que permite utilizar la red eléctrica para la transmisión de datos de alta velocidad. El artículo describe una aplicación basada en la tecnología PLC, enfocada hacia un sistema de control electrónico para el envío de información con el objetivo de realizar monitorización de signos vitales invasivos y no invasivos en aplicaciones del área de la salud. Especialmente, en Teledinámica.

CODENSA S.A.

Esta empresa de energía que funciona a nivel de Bogotá D.C., es un ente que ha realizado pruebas sobre su infraestructura eléctrica a petición de otras organizaciones que están desarrollando pruebas piloto sobre la tecnología PLC, no es una empresa que haya o esté realizando investigaciones sobre esta tecnología.

EPM (Empresas Públicas de Medellín)

A diferencia de otras empresas en Colombia de servicios públicos, actualmente las *Empresas Públicas de Medellín (EPM)* están adelantando pruebas piloto con PLC de Banda Ancha con las que busca evaluar las aplicaciones de la tecnología en Colombia.

4.1.3 Protocolo X10

El protocolo X10 de comunicación se trasmite por medio de la red eléctrica establecida en el hogar, oficina o cualquier edificación, mediante este protocolo pueden interconectarse varios dispositivos compatibles con X10. Este protocolo permite direccionar hasta 256 dispositivos diferentes. Con el fin de transmitir información por este sistema de cableado eléctrico para crear una red de dispositivos los cuales pueden comunicarse con interruptores de luces y artefactos

eléctricos haciendo que estos puedan ser controlados para prenderse, apagarse o realizar otras funciones, cada elemento eléctrico tiene un código de letra y un número único que lo identifica con el fin de controlar solo el dispositivo deseado. [SENA2002].

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Consideración de las Características de la Red Eléctrica dependiendo de la zona en que se encuentre.

Se debe tener en cuenta la zona en donde se vaya a instalar estos dispositivos, ya que a nivel mundial la estandarización varía de unas zonas a otras, se tiene dos formas de funcionamiento y estructuración de la red eléctrica.

En Estados Unidos, la distribución de los transformadores es de uno por cada tres o cinco casas, es muy diferente a la zona Europea, donde se maneja una cuadra o varias cuadras, teniendo de 40 a 80 casas y en algunos casos hasta más viviendas con un solo transformador, observando que es el mismo tipo de redes eléctricas que se maneja en el territorio Colombiano, donde un transformador tiene la capacidad de regular el servicio que le proporciona la electricidad en zonas donde se cuenta con cincuenta a cien casas aproximadamente.

Lo anterior influye en zonas como Estados Unidos y Colombia ya que por la mayor consecución de transformadores y su alta impedancia estos se comportan como filtros pasa bajos. Con esto en una área pequeña, la cual equivale a un poco número de casas en comparación a Europa, la utilización de los dispositivos PLC tendrían un alto costo, ya que después de cada uno de estos transformadores (filtros pasa bajos) se tendría que poner un amplificador o repetidor de la señal para que no se pierda la información en el trayecto siguiente de la red eléctrica.

4.2.2 Funcionamiento de una Red Eléctrica [URE2006]

Como se observa en la figura 1, todas las redes eléctricas se dividen en varios tramos, se puede observar cada una de las etapas que constituyen lo que se conoce por red eléctrica, además de observar el punto desde el cual se hace efectivo el trabajo de PLC en la red.

- Tramo de media tensión la cual maneja voltajes entre 15 y 50 Kilovoltios que abarca desde la central generadora hasta el primer transformador elevador.
- Tramo de alta tensión la cual maneja voltajes de 220 y 400 Kilovoltios esta es la encargada de conducir la energía hasta le subestación de transporte.

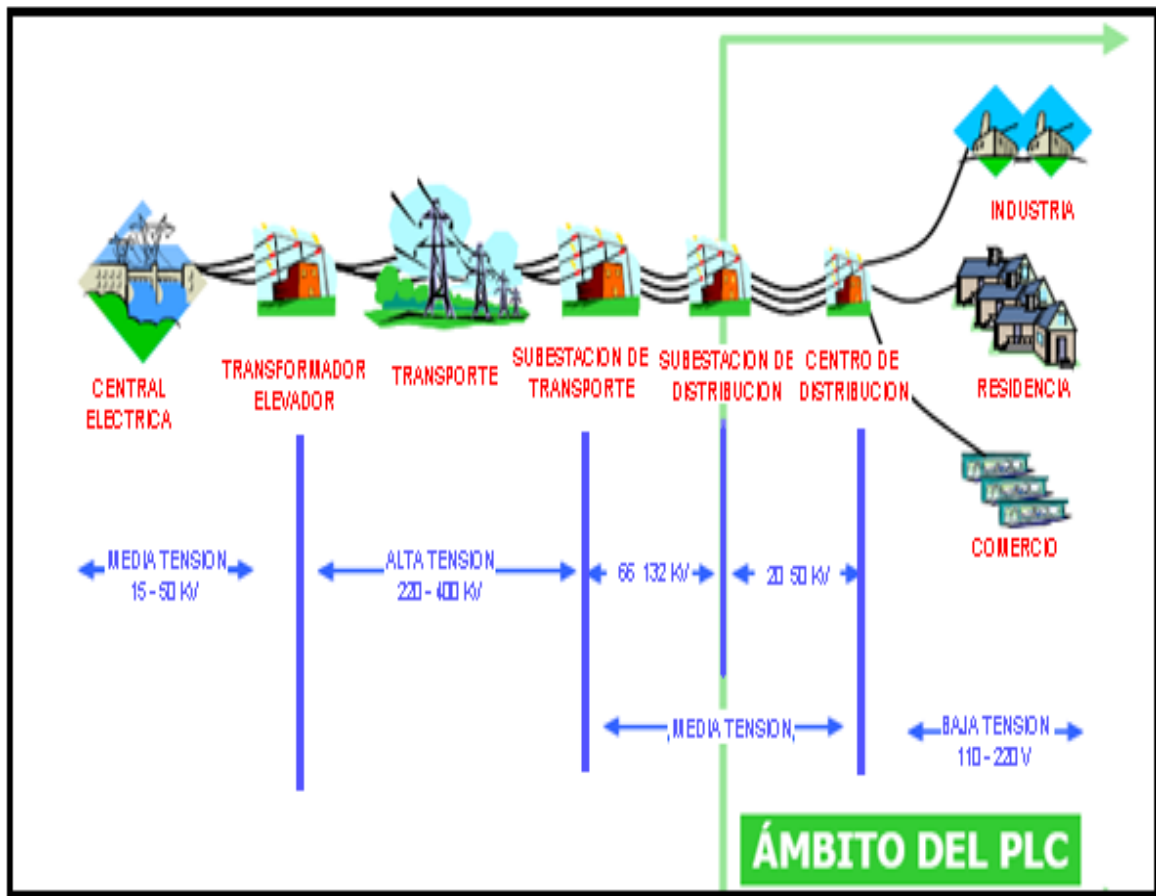


Figura 1. Segmentación de red eléctrica y PLC. [URE2006]

- Tramo de media tensión la cual maneja voltajes entre 66 y 132 Kilovoltios que abarca desde la subestación de transporte y la subestación de distribución.
- Tramo de media tensión la cual maneja voltajes entre 10 y 50 Kilovoltios que abarca desde la subestación de distribución hasta el centro de distribución.
- Tramo de baja tensión la cual maneja voltajes entre 220 y 380 voltios la cual es la encargada de distribuir la energía a las casas u oficinas conectadas a la red.

4.2.3 ¿Qué es PLC? (Power Line Comunicación) [URE2005]

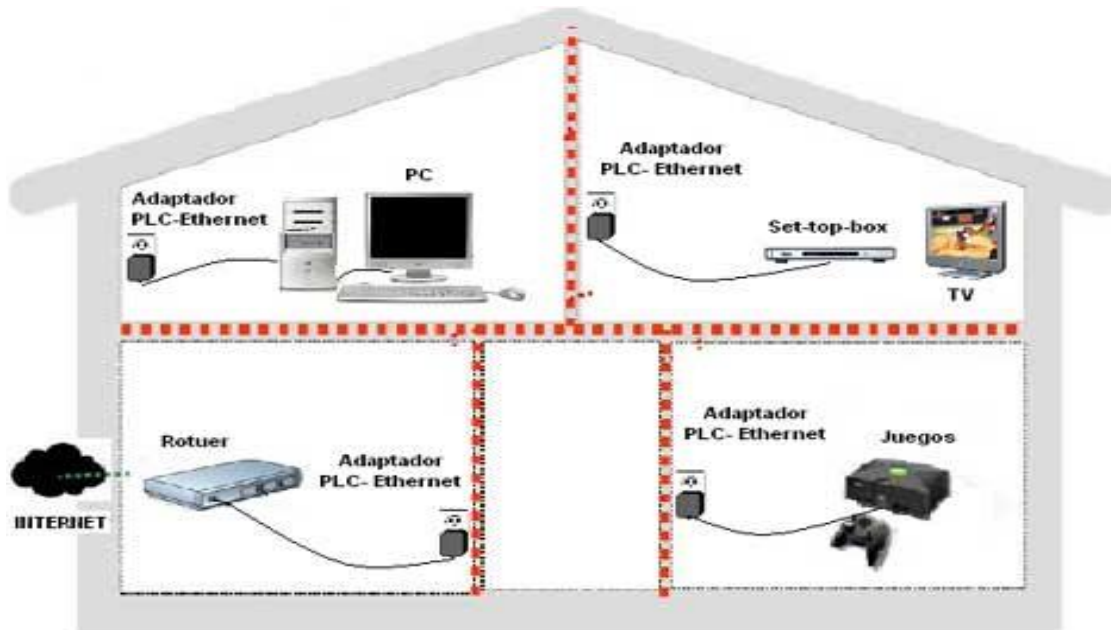


Figura 2. Recorrido de PLC en el hogar. [CASA2007]

PLC es la tecnología que hace posible la transmisión de voz, datos y videos, haciendo uso de la red eléctrica por medio de una adecuación para el transporte de la información, teniendo en cuenta las bajas frecuencias a las que funciona la red eléctrica y contando con un ahorro en cuanto a la elaboración de otra red ya que se hace uso de la misma para esto.

En la figura 2, se observa un gráfico básico donde se muestra como es la utilización bajo distintas características de usuario y ubicación de los dispositivos en un área residencial.

La tecnología PLC está enfocada a dos tipos de servicios independientes pero complementarios:

- La red de acceso, como método para dar servicio entre la central telefónica y el usuario.
- En casa, para crear redes LAN a través de la red eléctrica de las mismas, la cual permite acceder a los servicios de domótica.

4.2.4 Clasificación de las Redes PLC

Se tienen dos formas o clasificaciones para las redes PLC, estas son:

- *PLIC (Power Line Indoors Communications) [HALI2004]*

Esta es la comunicación que está establecida dentro de la casa, oficina o edificio, utilizando la red eléctrica interna, este método se utiliza para la aplicación de domótica.

- *PLOC (Power Line Outdoors Communications) [HALI2004]*

Esta es la comunicación que se establece por medio de la red eléctrica entre la estación o subestación eléctrica y la red doméstica.

4.2.5 Entorno de PLC [HISP2003]

“Las líneas de distribución eléctrica que parten desde las centrales eléctricas y llegan a cada hogar están conformadas por diferentes tramos. Dichos tramos son diferenciables en alta, media y baja tensión.

- El tramo que abarca desde la central eléctrica hasta un transformador amplificador. Dicho tramo lleva una Tensión Media entre 15 y 50 KV.
- El tramo comprendido entre el primer transformador amplificador y la primera subestación de transporte. Dicho tramo transporta una Tensión Alta entre 220 y 400 KV.
- El tramo de Tensión Media parte de las subestaciones de transporte hasta las subestaciones de distribución que son las encargadas de repartir la electricidad a todos los centros de distribución. La tensión transportada oscila entre 66 y 132 KV en el primer tramo y 20 y 50 KV en el segundo tramo.
- Desde los centros de distribución hasta cada abonado se distribuye la energía eléctrica como corriente alterna de baja frecuencia (50 o 60 Hz) llevando una Baja Tensión de entre 220 y 320 V.

La tecnología PLC usa esa Baja Tensión pero a una alta frecuencia entre 1,6 y 30 MHz para hacer posible la transmisión de todo tipo de información. Para la

transmisión de datos existen tres redes involucradas que son la Red IP o de transporte, la Red de Distribución o Media Tensión y la Red de Acceso o Baja Tensión que es el sustituto del bucle de abonado.”

4.2.6 Características de PLC (Power Line Communication) [HALI2004]

Algunas de las principales características de PLC (Power Line Communication).

- Teniendo acceso a esta tecnología se obtiene un ahorro en la elaboración de otra red adicional en el lugar de trabajo, ya que se cuenta con la red eléctrica interna para la transmisión de datos, voz y otros tipos de información.
- Permite establecer servicios como Internet, telefonía, etc.
- Como la red eléctrica ya se encuentra establecida esto permite llegar a cualquier sitio sin ningún inconveniente.
- El modem PLC se instalará en una sola fuente de energía (tomacorriente).
- La única forma de interrumpir el servicio es con un corte de energía producida por la estación central, pero puede ser solucionado con sistemas de UPS o plantas.
- Su ancho de banda se encuentra en 45 Mbps, en estos momentos contamos con 135 Mbps y en poco tiempo se estaría alcanzando velocidades de 200 Mbps

4.2.7 Desventajas de PLC (Power Line Communication)

Esta tecnología presenta varios problemas que son necesarios resolver.

Uno de estos es que debe sobrepasar el mal estado de las líneas eléctricas, que se encuentren muy viejas, deterioradas, en mal estado y los empalmes que se encuentren mal hechos dentro de la casa o edificio en que se vaya a trabajar.

La distancia también es un problema grave ya que tiene limitantes, para una óptima transmisión la medida es de cien metros (100 metros) y para mayor distancia es necesario ubicar o instalar varios repetidores dependiendo de la distancia deseada.

Como el material eléctrico (cable de cobre u otros) es un hilo de material metálico cubierto por un aislante, este genera en su entorno ondas electromagnéticas que interfieren en las frecuencias de otras ondas de radio, por esto se tiene un problema de radiación ya sea por ruido u otra señal en la misma frecuencia, por esto es necesario usar algoritmos de cifrado.

Los electrodomésticos también son un problema, ya que estos proporcionan ruido en las líneas eléctricas que impiden la claridad y eficacia de la comunicación, esto se evita con la aplicación de filtros para aislar los ruidos que causan este problema.

Otro problema es la estandarización de la tecnología PLC, ya que en el mundo existen alrededor de 40 empresas desarrollando dicha tecnología. Para solucionar este problema, la organización internacional PLCForum intenta conseguir un sistema estándar para lo cual está negociando una especificación para la coexistencia de distintos sistemas PLC. Otro protocolo para líneas PLC fue creado por la empresa israelí Nisko que desarrollo el NISCOM.

4.2.8 Ventajas del PLC (Power Line Communication)

Esta tecnología trae muchos beneficios, a razón de que las empresas eléctricas estarían prestando un servicio de telecomunicaciones, con los mismos costos y ofreciendo el servicio desde cualquier tomacorriente que tenga la instalación domiciliaria.

El servicio que proporciona será competitivo a lo que se refiere en costos y calidad de la señal, con una rápida instalación y una permanente conexión.

En cualquier caso, las posibilidades de interconectar a las personas y a los países mediante el tendido eléctrico harán accesibles muchos servicios como Internet, y lo transformaría en un medio masivo, ampliando el número de clientes potenciales.

Es de tener en cuenta que en todo sitio de trabajo ya sea hogar u oficina se cuenta con accesos a la instalación (tomacorrientes), que facilitan la conexión en cada punto de la casa o edificio, conectando todo tipo de dispositivo de comunicación como lo son computadores, teléfonos, consolas de juegos, etc., y que evitan cableado adicional para obtener el servicio para la comunicación.

La tecnología PLC abarcaría todo el territorio, diferenciándose de los equipos ADSL o cables que no pueden llegar a todas las localidades.

- *Despliegue sencillo y rápido*

El despliegue de la tecnología PLC es muy rápido y sencillo, porque utiliza infraestructura ya instalada (las redes eléctricas).

- *Servicio PLC desde diferentes habitaciones*

La tecnología PLC permite conectarse a Internet y/o hablar por teléfono desde los enchufes eléctricos, ofreciendo la posibilidad de navegar y/o hablar de diferentes habitaciones de la casa u oficina.

- *Hablar y navegar al mismo tiempo*

La tecnología PLC permite la transmisión simultánea de voz, datos y videos (se puede navegar por Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo).

- *Alta velocidad*

Conexión a Internet a alta velocidad (hasta 2 Mbits).

- *Instalación simple y rápida*

Instalación simple y rápida en casa del cliente (solo es necesario conectar un módem PLC), y no requiere obras adicionales ni cableado.

- *Multitud de nuevos servicios*

Puede suministrar múltiples servicios con la misma plataforma tecnológica IP (un solo módem permite el acceso a Internet a alta velocidad, telefonía, etc. Así como diversos servicios a distancia como Domótica, TV interactiva, Teleseguridad, etc.).

- *Conexión permanente*

Proporciona una conexión a Internet permanente (las 24 horas del día) y sin interrupciones.

- *Red local*

Los enchufes eléctricos son suficientes para disponer de una red local en la vivienda u oficina.

Con todo esto, las mayores ventajas de esta tecnología apuntan a su disponibilidad mundial, efectividad del costo y facilidad de instalación.

A la vez, la conveniencia de conectar cualquier dispositivo a través de un enchufe de corriente permite navegar, bajar videos, transmitir datos y hablar por teléfono.

La comparación de la Tabla 1, es para dar una idea de las posibles diferencias entre las distintas tecnologías. Se espera que el valor de la tecnología PLC sea bastante inferior al de los actuales ADSL y Cable en el mismo rango de velocidades.

CARACTERÍSTICAS	TIPOS DE CONEXIÓN					
	RTB	RTB	RTB	LÍNEA PROPIA (fibra óptica)	LÍNEA ELÉCTRICA	
TIPO DE LÍNEA QUE LA SOPORTA						
VELOCIDAD DE CONEXIÓN	56 Kbps in down	128 Kbps	1.5-2 Mbps 16-640 Kbps	10 - 38 Mbps 128 Kbps - 10 Mbps	Puede llegar hasta 45 Mbps	33.6 UP
CALIDAD	MEDIA	ALTA (Digital)	ALTA (Digital)	ALTA (Óptico)	ALTA	
DISTANCIA MÁXIMA A LA CENTRAL	NINGUNA	5.8 Km. AMPLIABLE	5.5Km	48.3 km AMPLIABLE	NO HAY LIMITE	
IMPLANTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA	COMPLETA	COMPLETA	COMPLETA CON FALLOS CONTINUOS	COMPLETA CON FALLOS AISLADOS	EN PROCESO	

Tabla 1. Características de acuerdo al tipo de conexión.

4.2.9 Funcionamiento de PLC (Power Line Communication) [CHIF2006]

En la figura 3. Se muestra una distribución desde la red externa (Outdoor) hasta la llegada a la red interna (Indoor) de forma estructurada.

Para establecer la comunicación se requiere de un MÓDEM principal en el transformador que recibe la electricidad desde la subestación y que provee la electricidad para que inunde la edificación y enviar la señal, generalmente es incorporada a la red a través de estaciones base colocadas seguidas del transformador.

La base de este funcionamiento es la utilización de los cables eléctricos de baja tensión por donde se transporta la señal, desde el transformador hasta el usuario o edificación.

En la residencia del usuario se procede a instalar un MODEM PLC, que son semejantes a los ADSL para conectar los equipos de transmisión de voz, datos y videos, los cuales extraen la información digital de la red eléctrica. En pocas palabras lo que hace, es transformar los cables eléctricos de baja tensión en una red de transmisión de voz, datos y videos teniendo en cuenta que cada tomacorriente de la infraestructura será un punto de conexión.



Figura 3. Esquema de red PLC Outdoor / Indoor. [CHIF2006]

4.2.10 Estructura PLC [HALI2004]

La arquitectura está basada y formada por tres elementos y por dos tipos de sistemas.

Sistema 1: En este sistema la trayectoria corresponde a la establecida desde el equipo principal que proporciona la señal (transformador), donde es dirigida hacia la casa u oficina del cliente y esta a su vez es recogida por el contador o medidor de energía eléctrica. A este sistema se le denomina “Outdoor”

Elemento 1: Este es un equipo principal (transformador) al cual se conecta la red de transporte de telecomunicaciones, es decir, donde la señal es inducida a través de este.

Sistema 2: Este sistema corresponde a la trayectoria que va desde el medidor energía eléctrica (contador) en el domicilio, inundando cada uno de los tomacorrientes de la instalación, acaparando toda la red eléctrica interna .Este sistema se denomina “Indoor”

Elemento 2: El llamado repetidor PLC (HG), es un dispositivo que regenera la señal PLC, en aquellos lugares donde ella se ha deteriorado por la distancia, para ello, cambia la frecuencia de la señal. La señal viene desde el HE (maestro) en una frecuencia de 1.6 a 1.8 MHz, el repetidor toma esta señal, y eleva la señal a la frecuencia de 18 a 36 MHz, de esta forma se establece una separación de frecuencias, esto es para que los dispositivos conversen entre ellos. Es así como un HE (maestro) se entiende con un HG en la frecuencia de outdoor, y un HG conversa con un módem PLC en la frecuencia indoor. En este caso, el sistema maestro esclavo se establece de la siguiente forma: **HE** es maestro, el **HG** es esclavo / **HG** es maestro, módem PLC es esclavo

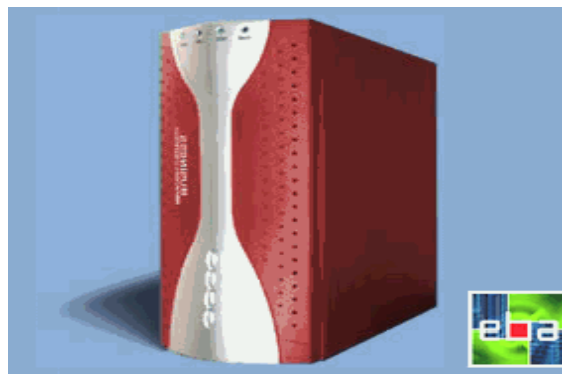


Figura 4. Home Gateway. [MOMO2007]

Un HG, es instalado al interior de una vivienda, a continuación del medidor de energía eléctrica (contador). Su utilización está relacionada con la cantidad de equipos módem PLC que estén instalados en el interior de la vivienda o edificio, como también la distancia que exista entre el HE (maestro) y el módem PLC. El

fabricante EBAPLC Corporation, señala que la distancia máxima requerida para utilizar un repetidor es de 300 metros.

Un HG, puede ser utilizado para expandir la cobertura de la red PLC o mejorar el ancho de banda disponible. Si se desea implementar una red LAN al interior de un hogar, es requisito disponer de un HG para que este cumpla funciones de Router.

El costo notoriamente más alto de un HG con respecto de un HE, está dado por su equipamiento de 2 chips DS2 Power line. Un chip cumple una función de esclavo del HE, y el otro cumple una función de maestro de los módem PLC que debe atender. Estos chips son los encargados de efectuar la modulación de los datos, para ser volcados a la red de baja tensión.

Este elemento es utilizado para enlazar los dos sistemas que se establecieron y consta de dos pasos, ubicado en el contador o medidor de energía eléctrica (contador), el primer paso de este repetidor es recoger la señal que viene del equipo principal del sistema Outdoor y el otro componente se comunica a la parte terminal del repetidor e induce la señal al sistema Indoor.

Lo explicado anteriormente es lo observado en la figura 5.

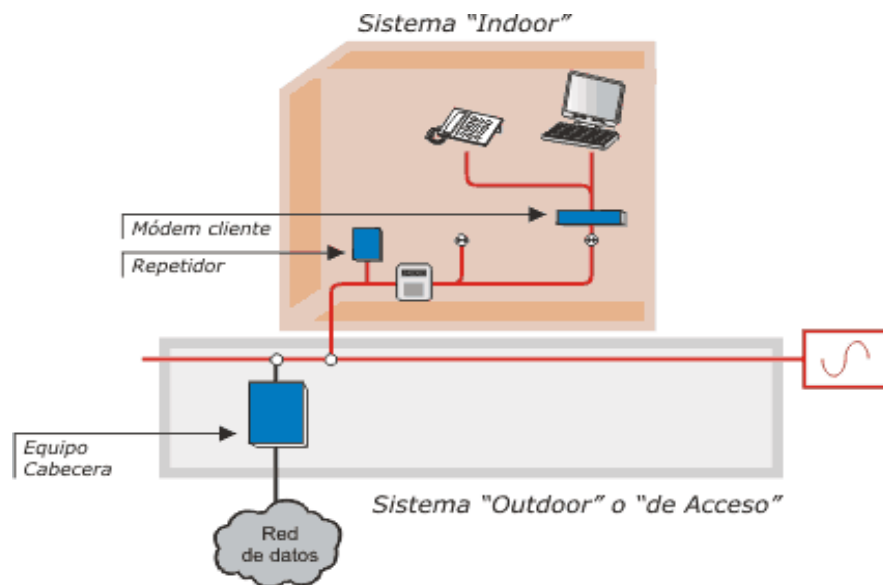


Figura 5. Estructura de la red Indoor. [EQUI2005]

Elemento 3: lo constituye un MODEM cliente, posteriormente, una vez que la señal ha entrado en el hogar, y para que pueda ser interpretada y utilizada por el

computador después de haber sido transmitida a través del tendido eléctrico, es de vital requerimiento, que el usuario cuente con un módem PLC, aparato encargado de demodular los datos provenientes de la línea e incorporarlos al equipo.

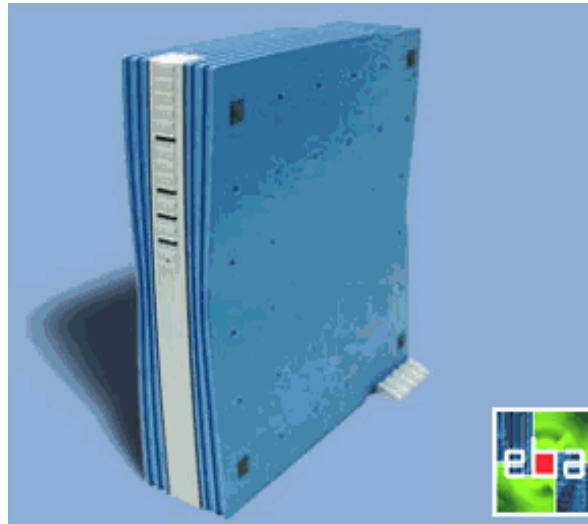


Figura 6. Módem PLC. [MOMO2007]

El módem PLC figura 6, provee de conexiones Ethernet (RJ45), USB y una conexión análoga para teléfono (RJ11). La velocidad máxima de transferencia ofrecida por el sistema, es de 45 Mbps. Esto significa, que si dentro del hogar existen dos o más módem PLC, la red podría trabajar con un desempeño máximo de 45 Mbps utilizando la red de baja tensión. El desempeño de la conexión con el sistema outdoor, podría bajar, debido a la distancia de los puntos, la interferencia, y el tráfico. Cabe recordar, que cada HE, debe sincronizar a cuantos hogares, deseen utilizar el medio.

La función de doble conducción del cable eléctrico parte en el transformador. Es lo que se llama utilización de la última milla. Si se produjera un corte en el suministro de energía eléctrica, el sistema PLC podría seguir operando, ya que si se cuenta con la precaución de disponer de sistemas de respaldo de energía en el ISP, en la cabecera, y en el hogar, no debería haber una interrupción del servicio. Los equipos PLC, se comunican a través de interfaces Ethernet y USB, con los usuarios, entregando una fácil y simple conexión entre el usuario final y los equipos de la central (Backbone).

Este se encarga de recoger la señal proveniente de la red eléctrica a través del tomacorriente, y por lo tanto la transmisión de voz y datos y la energía eléctrica comparten el mismo recorrido en las vías eléctricas.

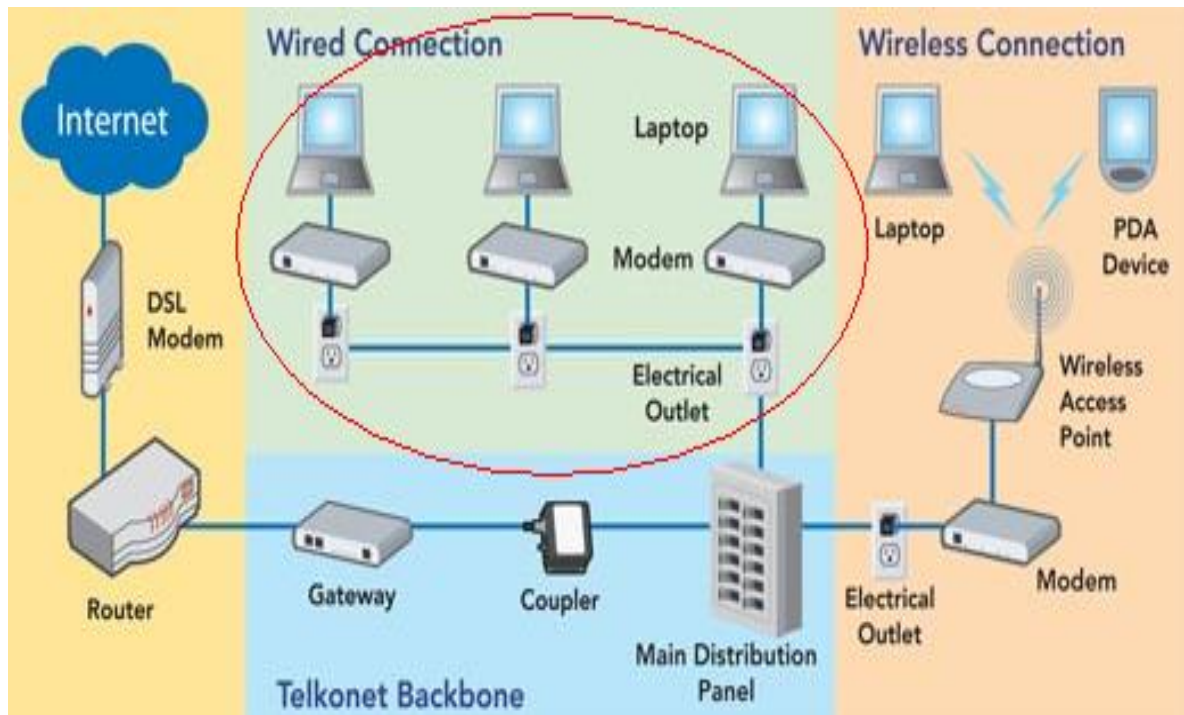


Figura 7. Esquema de conexión de dispositivo (círculo). [HERN2007]

En este MODEM que se muestra en la figura 7, se conecta cualquier equipo de comunicación el cual permita una interfaz Ethernet o USB, de esta tecnología se obtiene que el equipo principal manda señales de baja potencia en las cuales se tiene un rango que va desde los 1.6 MHz hasta los 35 MHz, esta frecuencia es mucho mayor a la que la energía eléctrica opera en esta zona. En el otro extremo existe un receptor identificando y separando la distinta información que es enviada por un rango de frecuencia establecida.

Como existen los dos servicios en frecuencias distintas y lejanas, permite el funcionamiento de las dos señales, por la misma vía y sin traslaparse. Con esta tecnología se están aprovechando frecuencias que no habían sido utilizadas por la energía eléctrica como se observa en la Figura 8.

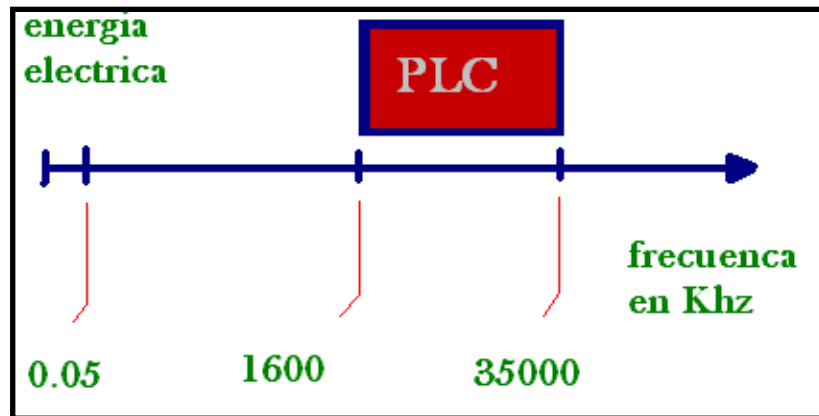


Figura 8. Esquema de rangos de frecuencias para PLC.

4.2.11 ¿Qué dicen los fabricantes?

Ya sabiendo de antemano cual es la plataforma o medio de funcionamiento de la Tecnología PLC (Power Line Communication). Ahora se traen a referencia las palabras textuales con las que cada fabricante define el dispositivo que ha desarrollado para suplir y satisfacer la necesidad de la comunicación por la red eléctrica, sería redundar en un mismo concepto el cual se le da la definición de: La tecnología que hace posible la adecuación de la red eléctrica como medio para el transporte de información buscando la reutilización de medios ya existentes para su desarrollo y la cabida de un factor económico de igual o menor proporción.

4.2.12 Algunos modelos o tipos de dispositivos que hay en el mundo.

Se enumeran las más representativas, entre ellas:

D-LINK, HOMEPLUG, MOTOROLA, PANASONIC, TRENDnet y una unión entre tres grandes *SECA (SONY, PANASONIC Y MITSUBISHI)*.

A continuación se observa la Tabla 2, para la Comparación de Dispositivos PLC en la cual se referencian los aspectos más importantes, como el tipo de fuente de poder, el estándar de trabajo, rangos de temperatura óptimos para el funcionamiento y el precio a la fecha de los dispositivos allí nombrados, es de tener en cuenta que no son las únicas características que poseen los dispositivos.

COMPARACIÓN DISPOSITIVOS PLC				
MARCA	ESTÁNDAR	FUENTE DE PODER	TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	PRECIO
D-LINK DHP-301 x 2Un	IEEE 802.3x IEEE 802.3u	110/120 Vac, 60Hz	0° C A 50 °C.	185 \$ DÓLARES
MOTOROLA	IEEE 802.3x IEEE 802.3u	100/240 Vac, 50/60 HZ	0° C A 50 °C.	1471 \$ DÓLARES
PANASONIC BL-PA100KTA	IEEE 802.3x UP 3900Kbps DOWN 283 Kbps	110/120 Vac, 60Hz	0° C A 50 °C.	330 \$ DÓLARES
TRENDnet TPL-202E	IEEE 802.3x IEEE 802.3u	100/240 Vac, 50/60 HZ	0° C A 40 °C.	150 \$ DÓLARES

Tabla 2. Comparación de dispositivos PLC.

- “HOMEPLUG” [XATA2007]



Figura 9. Logo de empresa HOMEPLUG. [HOME2008]

HomePlug de la figura 9, es una alianza de varias empresas que trabajan en el desarrollo de una tecnología que permita implementar redes de área local usando la instalación eléctrica de baja tensión de las viviendas, oficinas o industrias, evitando así la instalación de nuevos cables.

Con velocidades que, en su primera versión llega a los 14 Mbps el usuario podrá conectarse a Internet desde cualquier zona de la vivienda en donde disponga de una toma eléctrica estándar, consiguiendo así la movilidad y flexibilidad que necesitan la mayoría de los usuarios en sus aplicaciones cotidianas.

La alianza HomePlug está formada por más de 80 empresas, líderes en sectores como el de electrónica de consumo y tecnologías de la información, se destacan: Intel, Cisco, Motorola, Panasonic, 3Com, Intellon, TRENDnet, entre otras.

En la figura 10, se observa presentación al mercado del chip **INT6300**, última versión conocida de la empresa **INTELLON** destacando de este que tiene una velocidad de hasta 14 Mbps y presta otras varias opciones para desarrollo de hardware.



Figura 10. Chip INTELLON INT6300. [INTE2007]

Por otro lado **TRENDnet** que hace parte de la alianza de empresas de HomePlug, lanza el dispositivo **BL-PL202E** mostrado en la figura 11, para la realización doméstica de redes PLC.

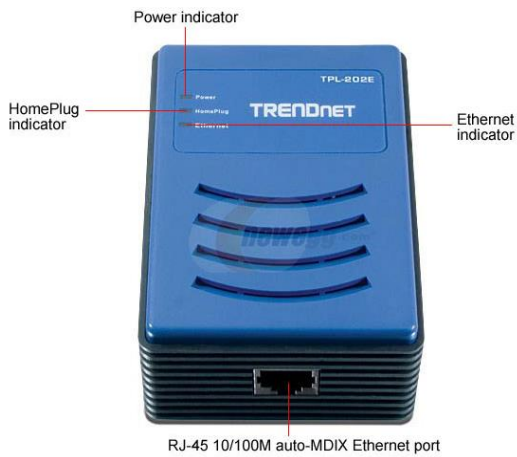


Figura 11. Dispositivo TRENDnet para PLC. [TREN2008]

- “D-LINK” [D-LI2007]



Figura 12. Dispositivo D-Link para PLC. [D-LI2007]

D-Link se presenta al mercado con la solución llamada DHP-301, figura 12, la cual nos conectara por la línea eléctrica al servicio de Internet, solo hay que conectar los adaptadores a la corriente y el cable de red a estos y ya se tienen conectados los ordenadores.

Además es ideal para conectar un dispositivo digital Ethernet (PLC) con ellos como medio, ejemplo, un Slingbox en una red LAN al Internet. Los adaptadores Ethernet de Power Line DHP-300, también permiten conectar las consolas del juego como el Xbox 360, PlayStation 3, o Nintendo Wii a Internet.

- **“MOTOROLA”** [MOTO2007]

Motorola ofrece un paquete que posee características similares a las de las anteriores empresas.

Imaginar un mundo donde el acceso de alta velocidad del Internet podría ser obtenido simplemente conectando tu computadora en un enchufe de energía equipado de un módem. Donde las unidades de la multi-vivienda tales como edificios de apartamento y oficinas de negocio pueden proporcionar fácilmente servicios de banda ancha a sus arrendatarios de manera simple y con un valor económicamente muy bajo a comparación de lo existente.

Se requiere solo de imaginación. La línea de energía de banda ancha de Motorola (BPL) entregada por el producto es una realidad. Combina tecnologías como la radio, Ethernet, establecimiento de una red, HomePlug y tecnologías de módem para entregar a las líneas de energía existentes el excedente de alta velocidad para los datos, este servicio es ofrecido con los siguientes equipos: Switch, acoplador, router y planta de distribución PLC



Figura 13. Switch, acoplador, router y planta de distribución PLC de Motorola. [MOTO2007]

Además es posible encontrar en PDF especificaciones de los dispositivos con el nombre de: Power line MU Technical Specifications y Power line Solution FAQ donde están las características técnicas de estos dispositivos.

- “PANASONIC” [XATA2007]

“Análisis del sistema HD-PLC de Panasonic



Figura 14. Dispositivo HD-PLC de Panasonic. [XATA2007]

En busca de un método alternativo al típico cable RJ-45 y a la WiFi para montar una red entre dos o más ordenadores, se encuentra un sistema PLC que existe como una solución dada por **Panasonic**. El modelo concreto es **BL-PA100KTA**, y funciona muy bien aunque tiene sus desventajas, como todo, a demás con este dispositivo se realizaron pruebas dando resultados satisfactorios con lo esperado, son tres pruebas que arrojaron los siguientes datos:

PRUEBA	VELOCIDAD DE BAJADA	VELOCIDAD DE SUBIDA
Prueba 1	3820 Kbps	274 Kbps
Prueba 2	3783 Kbps	274 Kbps
Prueba 3	3854 Kbps	276 Kbps
Media punto 1: 3819 Kbps // 275 Kbps”		

Tabla 3. Pruebas y resultados dispositivo Panasonic [XATA2007]

“SECA (SONY, PANASONIC Y MITSUBISHI.)” [SECA2005]

Un nuevo estándar para la Internet por la línea eléctrica.



Figura 15. Dispositivo PLC SECA. [SECA2005]

Homeplug es un estándar PLC a 14Mbps (sistema que usa la infraestructura de la red eléctrica para transmitir datos), para un ámbito doméstico que se puede comprar en tiendas. Sony, Mitsubishi y Panasonic están desarrollando una nueva tecnología sobre PLC que promete velocidades hasta de 170Mbps. Sobre el papel, compite directamente con WiFi, ya que su ámbito de actuación es similar claro, con una velocidad 3 veces superior a la prometida por las tecnologías inalámbricas. ¿Cuál es el problema? Estas tres compañías van a constituir un consorcio nuevo, llamado SECA, independiente al actual, Homeplug.

4.2.13 Descripción del Medio de Transmisión PLC (Power Line Communication) [CATA2004]

“En un sistema digital de telecomunicaciones figura 16, tanto transmisor como receptor, en este caso referente a la tecnología PLC, en el transmisor se debe realizar la codificación de fuente con la cual digitaliza aspectos como la voz, datos, video, etc. Con esto se logra una reducción en el tamaño de la información que se desea enviar por el canal, representado en una cantidad de bits. Por otro lado en el receptor PLC, el decodificador de fuente recupera la señal y genera una réplica exacta de la fuente (compresión sin pérdidas) o con algo de distorsión (compresión con pérdidas).

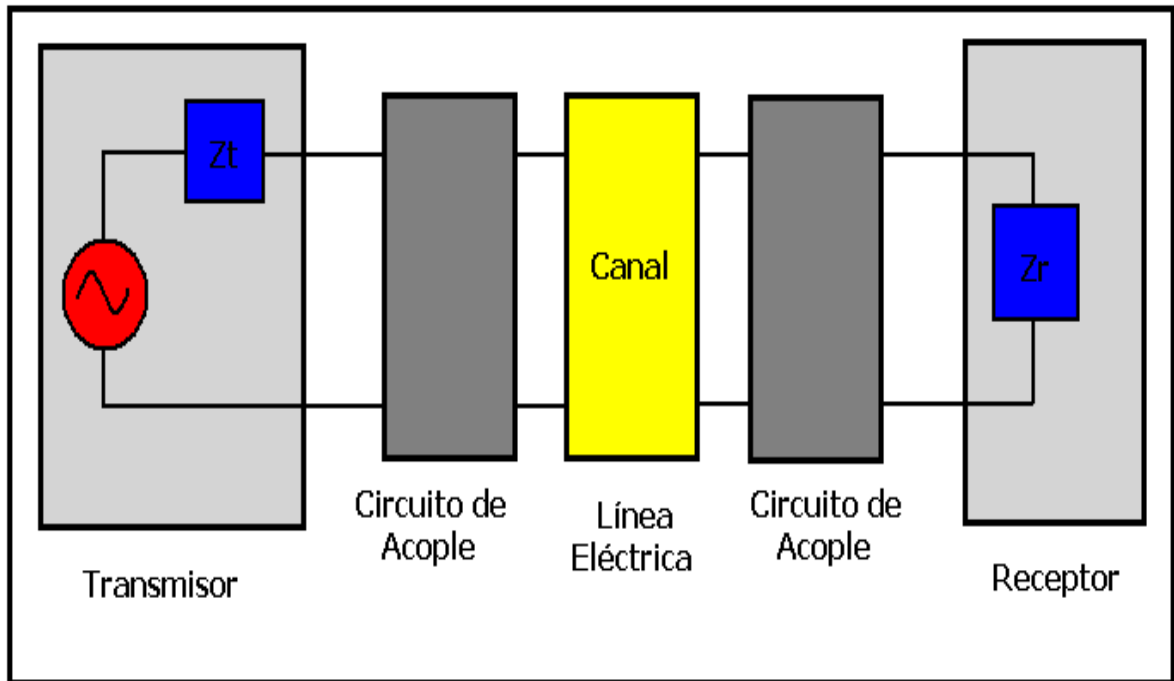


Figura 16. Esquema Básico de Canal PLC. [REVI2005]

En la codificación de canal se reduce la probabilidad de error en los bits transmitidos, además se logra obtener un sistema de control de errores con bits de redundancia los cuales son una secuencia de bit controlada que es agregada a lo transmitido, con esto, en el caso de que apareciera un error o errores en la ráfaga de bits, los bits extra (redundancia) darían la posibilidad de detectar y poder llegar a corregir el error, este aspecto es necesario de acuerdo al tipo de señal y de canal que se vayan a utilizar en la transmisión, cabe decir que en el medio eléctrico para PLC, la aparición del ruido es muy frecuente y casi normal, por esto es necesario la utilización de esta herramienta.

La modulación de la señal digitalizada en binario produce una señal análoga en alta frecuencia que es sumada a la señal de 120Vac y que se puede transportar llevando la información a través del medio. En el receptor, el demodulador detecta la forma de onda que fue transmitida y convierte la señal análoga en una secuencia de bits nuevamente; del lado del receptor se cuenta con lo necesario para recuperar la información, es decir el demodulador hace la separación de la señal de información de la de 120Vac. Y el decodificador de canal que devuelve el formato original de la información recibida desde el codificador de la misma.”

4.2.14 Canal o medio físico [CATA2004]

El canal o medio físico por el que se transmite la señal análoga salida del modulador en este caso es la red eléctrica de 120Vac; dependiendo su calidad, antigüedad y mantenimiento añadirá a las señales ruido y distorsión.

Una línea de transmisión tiene cuatro parámetros que afectan su capacidad para cumplir su función como parte de un sistema de potencia: resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia. Estos mismos parámetros son de suma importancia para la determinación de las propiedades del canal de PLC usado para transportar señales de telecomunicaciones.



FIGURA 17. Cables para Red Eléctrica. [CABL2008]

Adicional a los valores de resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia llamados también parámetros primarios de las líneas ejemplo figura 17, se definen otros dos parámetros de la línea de transmisión: su impedancia característica Z y la constante de propagación Y . Ambos parámetros son números complejos y son función de la frecuencia f y de los parámetros primarios.

Interesa, sin embargo, el análisis de la magnitud de la función de transferencia que entre dos puntos de una línea de potencia está básicamente determinada por tres parámetros: la longitud del cable, el tipo del cable y la configuración de los

alimentadores. Considerando estos parámetros es fácil deducir que para altas frecuencias la función de transferencia para redes de media tensión, de baja tensión, de interior, o de exterior, va a resultar con mucha diferencia.

Las líneas tienen una resistencia R' , inductancia L' , capacitancia C' , conductancia G' por unidad de longitud, y todas aumentan con la longitud de la línea. La conductancia G' tiene una fuerte dependencia por el tipo de aislamiento del cable.

Tradicionalmente, las líneas eléctricas se usan para transmitir potencia eléctrica a los dispositivos, estas no fueron diseñadas para la distribución de señales de alta frecuencia ya que los requerimientos de respuesta eléctricos y de frecuencia de una línea de potencia no son críticos con el cableado de una red de telecomunicaciones, con esto la calidad es pobre en esta clase de líneas.

El medio es hecho de diferentes tipos de conductor, por consiguiente se puede encontrar una gran variedad de impedancias características. Por otro lado la impedancia Terminal de la red podría tender a variar con la frecuencia y e tiempo, como también del patrón de carga del consumidor y la variedad de tipos de carga.

El acople de impedancias causa efectos de multitrayectoria rechazando ciertas frecuencias. Estas imperfecciones de canal hacen que la modulación de la señal sobre líneas de potencia sea difícil. Sin embargo, el avance de las técnicas de modulación de señal y la codificación para el control de errores ahora hacen posible la transmisión por líneas de potencia.

- ALAMBRE UTILIZADO

Dependiendo las características con las que fue diseñada la red eléctrica puede tener diferente calibres de alambre o cables.

Calibres [INST1993]

“Se han clasificado los conductores eléctricos, tanto los alambre (un solo hilo solidó) como los cables (varios hilos trenzados concéntricamente) de la siguiente manera:

Desde el N° 40 que es el más delgado, con diámetro de 0.079 mm, hasta llegar al N° 1 cuyo diámetro es de 7.35 mm, de tal manera que al descender en la numeración, aumenta el grosor del conductor, esto se observa en la tabla 4.

Esta serie no termina en el N° 1; de dicho número en adelante siguen calibres más gruesos que se denominan así: N° 0, N° 00, N° 000 y N° 0000. El N° 0000 es el número máximo que se puede conseguir para conductores sólidos. De allí en adelante se utilizan cables.

TABLA DE ALAMBRE DE COBRE									
N° B/S	Diámetro en mm.	Vueltas por pulgada		N° de pies por línea		Corriente en amperios	Área en Mil circular	Grueso T/en Pulgadas	
		FDA	Eam	FDA	Eam			FDA	Eam
9	2.910	7.6	8	24.6	25.2	13	13090	0.1252	0.1166
10	2.590	8.5	9	30.9	31.8	10	10380	0.1118	0.1041
11	2.300	9.6	10	38.8	40.1	8	8234	0.1006	0.0927
12	2.050	10.6	11	48.9	50.6	6	6530	0.0902	0.0828
13	1.830	11.9	12	61.5	63.8	5	5178	0.0812	0.0740
14	1.630	13.1	14	77.3	80.4	4	4107	0.0733	0.0659
15	1.450	14.7	16	97.3	101.4	3	3257	0.0655	0.0589
16	1.290	16.4	18	119	128	2.5	2583	0.0592	0.0526
17	1.150	18.1	21	150	161	2	2048	0.0536	0.0469
18	1.020	20.0	23	188	203	1.6	1624	0.0487	0.0419
19	0.910	21.8	27	237	257	1.2	1288	0.0446	0.0373
20	0.810	23.9	29	298	323	1	1022	0.0408	0.0334
21	0.720	26.2	32	370	408	0.810	810	0.0368	0.0297
22	0.640	28.6	36	461	515	0.640	642	0.0335	0.0265
23	0.570	31.1	40	584	648	0.500	509	0.0308	0.0238
24	0.510	33.6	45	745	817	0.400	404	0.0283	0.0213
25	0.450	36.2	50	903	1031	0.320	320	0.0261	0.0191
26	0.400	39.9	57	1118	1300	0.250	254	0.0240	0.0170
27	0.360	42.6	64	1422	1639	0.200	201	0.0219	0.0153
28	0.320	45.5	71	1759	2067	0.160	159	0.0205	0.0135
29	0.290	48.0	81	2207	2607	0.125	126	0.0192	0.0122
30	0.250	51.0	88	2534	3287	0.100	100	0.0179	0.0108
31	0.227	57.0	104	2768	4145	0.080	79	0.0168	0.0097
32	0.202	60.0	120	3137	5257	0.060	63	0.0158	0.0087
33	0.180	64.0	130	4698	6591	0.050	50	0.0150	0.0070
34	0.160	69.0	140	6168	8310	0.040	39	0.0143	0.0069
36	0.127	79.0	190	7877	13210	0.025	25	0.0130	0.0055
38	0.101	89.0	205	10866	21010	0.015	15	0.0119	0.0044
40	0.080	102.0	230	14222	33410	0.009	9	0.0112	0.0034

Tabla 4. Tabla de calibres de cables. [ELEC2008]

- *Tomacorriente*

A continuación en la figura 18 se muestran diferentes clases de tomacorriente que pueden ser utilizadas para la hechura o realización de instalaciones eléctricas.



Figura 18. Algunas presentaciones de tomacorriente. [IMAG2008]

- *Breaker*

Este dispositivo es conocido como una parte de protección para circuitos figura 19, ya que cuando hay sobrecargas de amperaje se salta y hace un circuito abierto funcionando de manera inteligente podría decirse. A continuación se ilustran algún ejemplo de estos dispositivos.



Figura 19. Breaker o tacos eléctricos de seguridad. [IMAG2008]

- *Caja de circuitos*

La caja de circuitos que se muestra en la figura 20, es un recipiente generalmente metálico que cuenta con características específicas dependiendo de la utilidad que se le quiera dar a la instalación eléctrica, en esta se ensamblan el o los breaker con los alambres correspondientes a fases y la línea a tierra.



Figura 20. Caja de circuitos.

4.2.15 Instalación eléctrica propuesta para el proyecto

En la figura 21 se observa una red eléctrica en la que se utilizan los elementos antes relacionados, como lo son la caja de circuitos, con el breaker ya instalado, el cable, que en esta oportunidad es del calibre N° 12 ya que este calibre cumple para las pruebas que se quieren realizar, también están los tomacorriente.



Figura 21. Instalación eléctrica construida.

Dicha instalación eléctrica está constituida por tres líneas la cuales corresponden a una fase representada por el hilo rojo, neutro representado por el hilo blanco y tierra que corresponde al hilo verde, conectados de la siguiente forma a los terminales correspondientes en los tomacorriente.

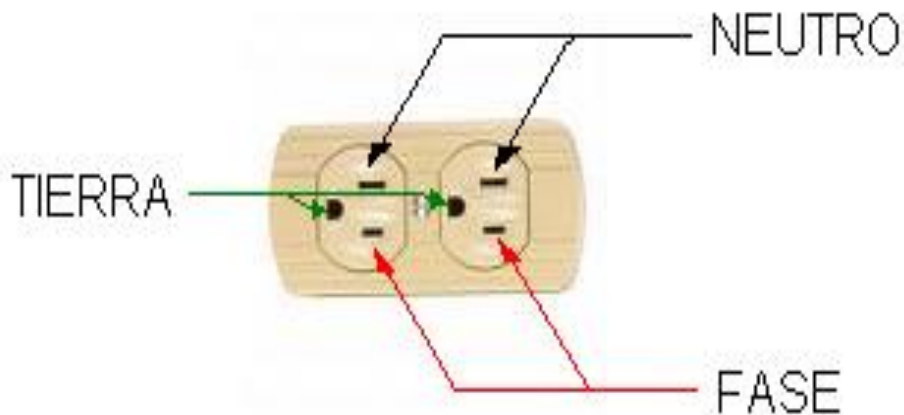


Figura 22. Especificación de Fase, Neutro y Tierra en el tomacorriente.

En cada tomacorriente hay tres entradas como se observa en la figura 22, la ranura u orificio horizontal más pequeño corresponde a la fase, la ranura u orificio horizontal más grande corresponde al neutro y por último la ranura semicircular que se encuentra a un lado de las ranuras nombradas anteriormente es la tierra.

En la caja de circuitos se encuentra tres conexiones respectivamente para la fase, el neutro y la tierra, en esta caja de circuitos se acopla el breaker (taco de corriente) el cual funciona como un interruptor ON/OFF, este breaker está instalado en la línea correspondiente a la fase para con esto tener un control sobre el suministro de la energía inyectada a la red eléctrica a la cual corresponda.

4.2.16 Topologías para redes de datos

Por lo dicho con anterioridad se puede afirmar que es posible utilizar topologías de redes para datos conocidas, como por ejemplo:

- *En bus.*

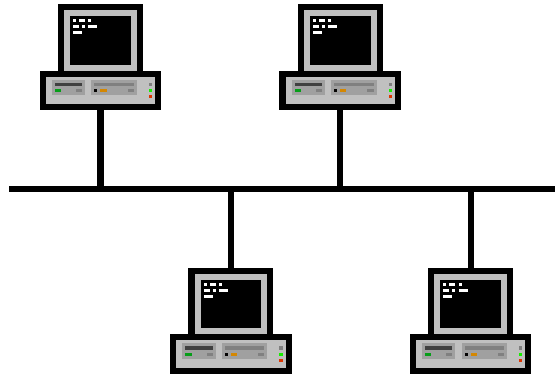


Figura 23. Topología de red en bus. [ES.W2008]

En la figura 23 se observa la distribución de los equipos la cual consiste en una línea de datos de la cual se van anexando equipos cliente de forma secuencial, uno después del otro.

- *En anillo.*

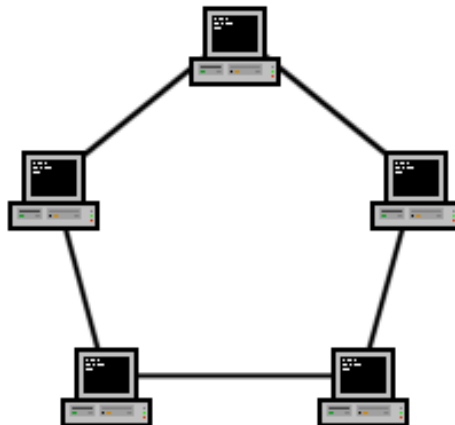


Figura 24. Topología de red en anillo. [ES.W2008]

Esta clase de topología consiste en una conexión de equipos uno después del otro formando un anillo en el cual no se distingue cual es el primero o el último como se observa en la figura 24.

- *En estrella.*



Figura 25. Topología de red en estrella. [ES.W2008]

Esta configuración consiste en un nodo central desde el cual se distribuye la línea de datos a los demás equipos, puede hacerse por medio de un switch como se observa en la figura 25, o por medio de equipos de capa tres que puedan administrar este tipo de configuración.

- *En árbol*

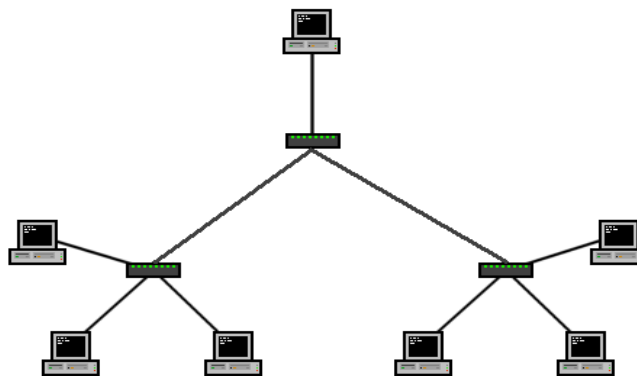


Figura 26. Topología de red en árbol. [ES.W2008]

En esta topología se hace una distribución que consiste en que cada nodo que es constituido por un switch por ejemplo, se desprenden varios equipos semejando así ramas para llamarla topología en árbol.

Por razones de utilidad la topología escogida fue la de bus ya que da facilidad de conexión para los equipos, además por sus características es perfecta para realizar las pruebas que son necesarias en la red PLC en aspectos de ruido y comportamiento de la señal a ciertas distancias.

4.2.17 Características de la red eléctrica para PLC

Las redes eléctricas para áreas domiciliarias o de oficinas son en su totalidad en líneas de cobre, por esta razón es necesario tener en cuenta aspectos como la antigüedad de la red eléctrica, distribución de la red en el espacio que se encuentra, mantenimientos que se le hayan realizado o en su defecto cambios a la estructura original de red, lo anterior es de gran importancia ya que en las posibles adecuaciones que se hayan realizado pueden haber empalmes que si llegasen a presentar un error o simplemente están mal hechos pueden constituir un riesgo para el buen funcionamiento de la red.

4.2.18 Red de distribución de potencia [revi2005]

“Un sistema de potencia de energía eléctrica tiene cuatro componentes principales: generación, líneas de transmisión, las subestaciones o estaciones transformadoras y el sistema de distribución.

Las pérdidas en las líneas de potencia crecen con el cuadrado de la corriente I^2 . Es importante entonces mantener la corriente (I) tan pequeña como sea posible especialmente en distancias grandes. Para transmitir una determinada potencia con una I pequeña, se debe mantener el voltaje tan alto como sea viable. Esta idea básica genera automáticamente una red jerárquica en términos de voltaje: para transportar a largas distancias se usa alto voltaje y se va bajando de voltaje a medida que la distancias se acorta. Entonces, se encuentran los siguientes niveles de voltaje en redes de potencia alrededor del mundo:

Extra voltaje Alto (EHV), que se utiliza en líneas de transmisión y cuyo nivel de voltaje es mayor de 300 KV. Alto voltaje (VA) también en líneas de transmisión y con voltajes mayores de 36 KV. Medio voltaje (VM), para circuitos de distribución y

con voltajes comprendido en el rango de 1 a 36 KV. Y finalmente, redes de bajo voltaje (VB), con niveles de tensión menores de 1 KV

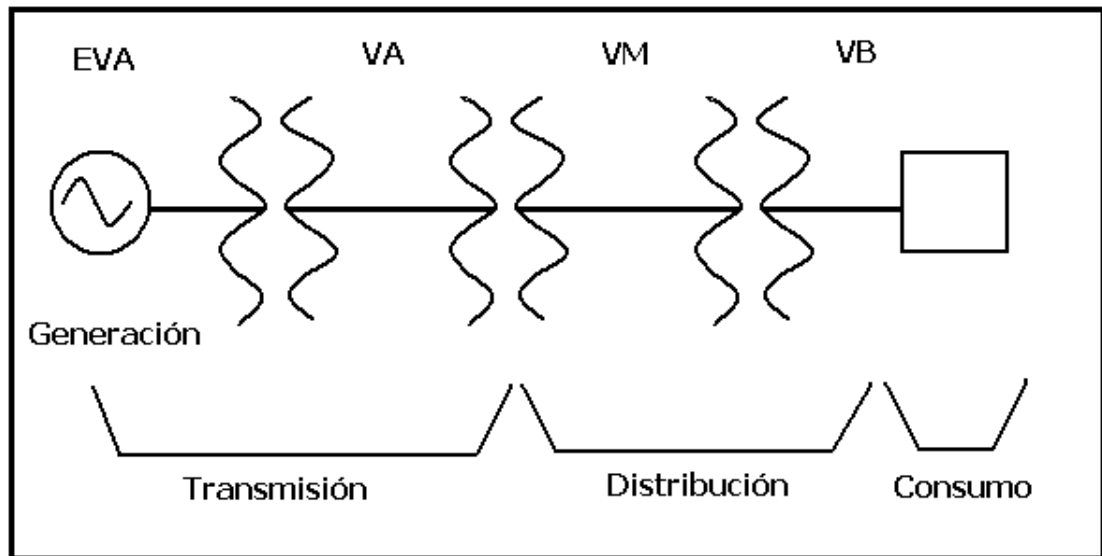


Figura 27. Sistema de Transmisión y Distribución de Potencia. [REVI2005]

La capacidad del transformador de VM (Voltaje Medio) / VB (Voltaje Bajo) está determinada por la densidad de carga de los usuarios, y de la cantidad de usuarios por transformador dependerá el costo de las soluciones de PLC. VB puede alimentar a cada uno de los clientes con una acometida individual que puede ser aérea o subterránea, o puede ir a un barraje situado en un tablero desde donde salen acometidas para cada usuario. En el predio del usuario hay un tablero general y desde allí van conductores eléctricos hacia el interior para las tomas e interruptores.

Las líneas de transmisión de VA (Voltaje Alto) tienen una enorme infraestructura de comunicaciones al usar cables de fibra óptica que sustituyeron los antiguos cables de guardia usados para la protección de las líneas contra descargas atmosféricas.

Los circuitos de VM y VB son los de mayor interés para soluciones de PLC y especialmente las instalaciones eléctricas interiores. Principalmente para países poco desarrollados, donde no haya infraestructura telefónica, PLC sería una oportunidad única obteniendo Internet y servicio telefónico a la vez, pero incluso en países industrializados PLC sería otra alternativa para desarrollar comunicaciones con mínima inversión y tiempo de instalación.

El desarrollo de las redes eléctricas siguen básicamente dos modelos: el europeo o el norteamericano; sin embargo, adicionalmente a estos dos modelos se incluirán las redes colombianas y el modelo japonés.”

4.2.19 Modelo colombiano de redes eléctricas [revi2005]

Los circuitos primarios (VM) de distribución urbana son trifásicos trifilares con una tensión nominal para Bogotá de 11.4 KV, 60 Hz. Para otras zonas del país y para circuitos rurales, la tensión nominal es de 13.2 KV, 60 Hz. También existen circuitos primarios a 34.5 KV que se utilizan en zonas industriales dentro del área urbana, radiando de una subcentral o uniendo en algunas ocasiones dos subcentrales por medio de circuitos dobles desde los cuales se derivan las acometidas a los diferentes usuarios industriales.

Los circuitos secundarios o de (VB) son trifásicos tetrafilares, conectados en los transformadores cada tercer poste y en los terminales de circuito.

Los voltajes de suministro son los siguientes:

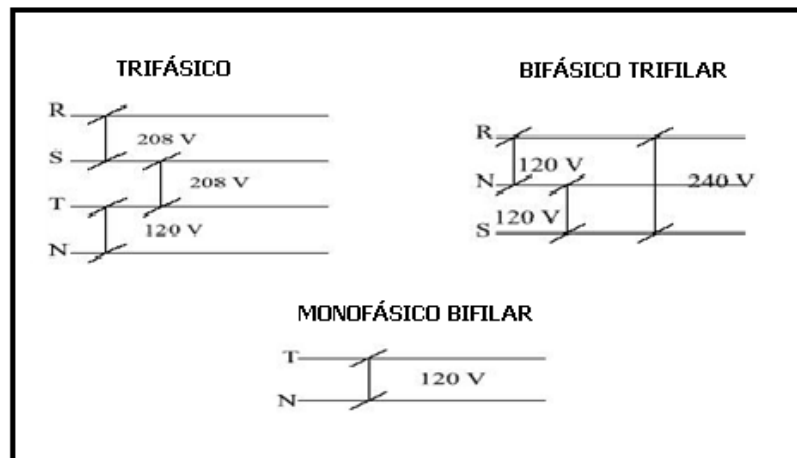


Figura 28. Redes de Distribución Colombianas: voltajes de suministro. [REVI2005]

- Monofásicos bifilar a 120 voltios \pm 5% mediante acometida de dos conductores conectados a fase y neutro.
- Monofásicos trifilar a 110/120 voltios \pm 5% o 120/240 voltios \pm 5% o tomado de un sistema trifásico a 208/120 voltios \pm 5%.

- Trifásico a 120/208 voltios \pm 5% mediante acometida de cuatro conductores conectados a las tres fases y el neutro.

La Figura 28 muestra la configuración de las redes en Colombia para los diferentes voltajes de suministro.

4.2.20 Sistemas de alimentación

En la figura 29, se observa la forma en la cual las empresas hacen la distribución de energía para los domicilios que la requieren, el transformador hace un bajo de tensión de voltajes al rededor de 14Kv para dejarlos en tensiones de 110/120V, en tres fases diferentes.

Se traen tres fases desfasadas 120° eléctricos entre ellas para con esto hacer la distribución de acuerdo a la pedida del servicio de parte del cliente de acuerdo a la carga que se va a tener en el establecimiento, domicilio o lugar de toma del servicio.

Con lo anterior se encuentran tres clases de servicio para domicilios los cuales son, monofásico, bifásico y trifásico, los cuales consisten en; si es monofásico se toma una de las fases que entrega el transformador, por ejemplo la fase, fase 1 (en rojo en la figura 29), si es bifásico, se toman por ejemplo las fases, fase 1 y fase 2 (en rojo y azul en la figura 29) y en su defecto trifásico las tres fases, fase1, fase 2, fase 3 (en rojo, azul y verde en la figura 29).

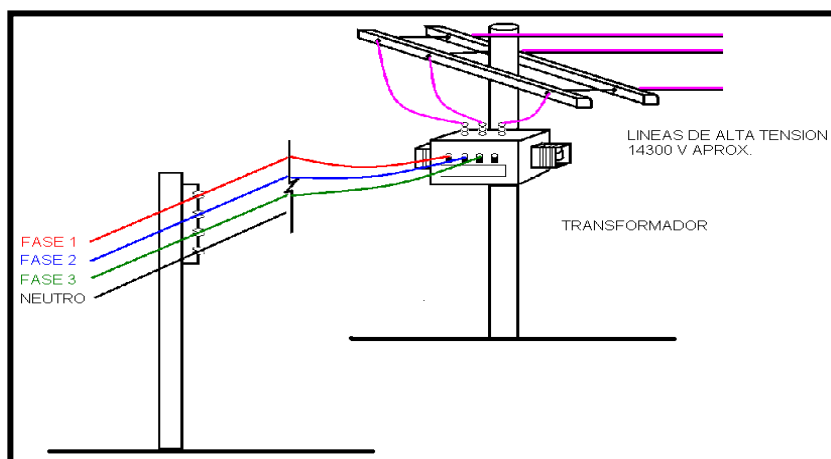


Figura 29. Transformación de voltaje de media tensión a baja tensión.

4.2.21 Compatibilidad electromagnética [revi2005]

“El PLC utiliza frecuencias entre 9 KHz y 30 MHz. A altas frecuencias los cables presentan fugas emanadas en forma de radiación electromagnética, comportándose como antenas de baja eficiencia.

Esta forma de radiación produce interferencia con las comunicaciones de radio principalmente en las frecuencias entre 1 a 20 MHz, bandas asignadas a AM y radionavegación. Existe entonces una crucial dificultad por compatibilidad electromagnética (EMC) con este tipo de comunicaciones.

El grado de interferencia depende de la potencia de transmisión, de la distancia y de la configuración de los cables. Más exactamente, la fracción de potencia radiada está determinada por la simetría de la red, y esta simetría está definida en términos de la impedancia entre conductores: si en un par de conductores la impedancia entre conductor y tierra es de igual magnitud, la red es simétrica. A su vez, para que se presente simetría entre conductores se requiere que ambos lleven la misma corriente (I). Conectar neutro y tierra en la acometida puede ser una buena alternativa para lograr una alta simetría en la línea. En orden a valorar el verdadero impacto de la interferencia de PLC con las comunicaciones de radio se hace necesario efectuar mediciones con sistemas que se encuentren operativos. Este es un trabajo que ya se ha comenzado hacer en algunos países, ahora es lo que se está implementando a nivel de universidades como trabajo de Proyecto de Grado, al igual que soluciones prácticas de parte de ciertas empresas, como ejemplo el DHP-301 de D-Link.”

4.2.22 Transformadores [ACER2003]

- Transformador:

Dispositivo que convierte energía eléctrica de un cierto nivel de voltaje, en energía eléctrica de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético.

Está constituido por dos o más bobinas de alambre, aislada entre sí eléctricamente por lo general y arrolladas alrededor de un mismo núcleo de un material ferromagnético.

- Transformador ideal:

Este es un artefacto sin pérdidas, con una bobina de entrada y una de salida. La relación entre los voltajes de entrada y salida y entre la corriente de entrada y salida se establece mediante dos ecuaciones sencillas, fórmula 1 y 2.

- Transformadores secos.

Consta de los siguientes aspectos:

Refrigeración natural, requiere gran espacio alrededor de los devanados, menores costos de mantenimiento, mayor tiempo de mantenimiento.

- Transformadores en aceite.

Consta de los siguientes aspectos:

Refrigeración por aceite dieléctrico, compactos, mantenimiento costoso y demorado, menores costos de fabricación.

- El aceite en los transformadores cumple las siguientes funciones:

Aislar eléctricamente los bobinados, extinguir arcos eléctricos, disipar el calor.

- ECUACIONES FUNDAMENTALES [WEBP2005]

El valor eficaz de la fuerza electromotriz fórmula 1, en los devanados del transformador se determina por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}U_1 &= 4,44 B_M A f n_1 \\U_2 &= 4,44 B_M A f n_2\end{aligned}$$

Fórmula 1. Fuerza electromotriz en los devanados del transformador.

En donde:

U_1 = tensión en devanado primario (voltios)

U_2 = tensión en devanado secundario (voltios)

B_M = valor máximo de la inducción magnética en el núcleo (Tesla). (En núcleos de hierro magnéticos de transformador suele tener un valor máximo de 1,4 Tesla).

f = frecuencia de la corriente alterna (Hz)

n_1 = número de espiras del devanado primario (adimensional)

n_2 = número de espiras del devanado secundario (adimensional)

A = área de la sección recta del núcleo magnético (m²)

Si el primario y el secundario están atravesados por la misma inducción máxima B_M y la sección A del núcleo permanece constante, entonces;

$$U_1 / U_2 = n_1 / n_2$$

Fórmula 2. Relación de transformación

A este cociente se denomina *relación de transformación*, e indica la relación entre la tensión de entrada y salida, cuando el transformador está funcionando en vacío, o sea sin carga, en el secundario.

	TRANSFORMADORES AC ALTA TENSIÓN	TRANSFORMADORES AC BAJA TENSIÓN
CARACTERÍSTICAS	Se fabrican en potencias normalizadas desde 25 hasta 1000 KVA y tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 KV. Se construyen en otras tensiones primarias según especificaciones particulares del cliente. Se proveen en frecuencias de 50-60 Hz. La en frecuencias de 50-60 Hz. La variación de tensión, se realiza de accionamiento sin carga.	Tensión de entrada. 230 V. C.A. Tensión de salida... De 12 a 24 V. C.C. Intensidad constante máxima de salida. 1.5 A. Intensidad máxima de pico. 2 A. Rizado máximo con carga. 10 mV. Protección inversión Polaridad..... Si. Medidas del Módulo FE-24. 110 x 80 x 45 mm Medidas del Transformador para la FE-24. 75 x 65 x 58 mm.

	TRANSFORMADORES AC ALTA TENSIÓN	TRANSFORMADORES AC BAJA TENSIÓN
APLICACIONES Y FUNCIONAMIENTO	Estos transformadores son utilizados de dos formas; para subir o bajar la tensión según se al caso, se sube para hacer el proceso de transporte entre grandes distancias, y para bajar tensión en subestaciones y distribuciones urbanas a tensiones medias y bajas.	Estos transformadores son utilizados por sus características para realizar una conversión de voltajes alternos (AC) a voltajes continuos (DC), por ejemplo, de 110 VAC a 9 v, 12 v o 24 v. Entre los usos más frecuentes esta: montajes de fuentes reguladas para equipos como generadores, estabilizadores, etc.
	Utilizado para uso en exteriores	Utilizado para uso en interiores
	Se utilizan para toda actividad que requiera la utilización intensiva estabilizadores, etc.	Se utilizan para realizar tareas que requieren tiempos cortos

Tabla 5. Comparación transformadores AC y DC.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo puntual del proyecto de grado **CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR** se utilizaron los siguientes elementos mencionados en el marco teórico.

Dispositivo D-Link DHP-300, elemento esencial y central para el desarrollo del proyecto, ya que es el que realiza la tarea de inundar la red eléctrica con la señal de datos para convertir dicha red en una red PLC y su vez realizar la acción de toma y separación la señal de datos de la señal eléctrica para llegar al usuario final entregando el servicio de datos, este dispositivo se escogió después de realizar una investigación y comparación de los aspectos técnicos de los equipos encontrados.

Importante mencionar la instalación eléctrica existente en los espacios escogidos para pruebas, ya que sin esta infraestructura es imposible desarrollar el proyecto, además de los conocimientos adquiridos con anterioridad en la investigación realizada para la solución de las metas que se trazaron en el proyecto, por tener

una característica en especial, es el hecho de ser una tecnología prácticamente nueva en el país.

4.4 ESTADO DEL ARTE

En la Fundación Universitaria San Martín se ha desarrollado hardware sobre la tecnología PLC, en proyectos de grado.

CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR, quiere abrir las puertas del conocimiento al ser un proyecto de investigación de la tecnología PLC, a demás de querer que se conozca para así lograr impulsarla y posicionarla a nivel comercial como otras tecnologías que sirven para dar soluciones para redes de datos.

Al implementar una red de datos PLC, se está queriendo hacer el trabajo que algunas empresas han emprendido haciendo montajes pilotos como en el caso de Medellín donde EPM está tratando de hacer esto, sin tener nada mostrado al público.

El caso de Medellín es un incentivo al trabajo y la investigación, objetivo que el proyecto de grado CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR está queriendo impulsar.

5. METODOLOGÍA

La metodología que se va a desarrollar es una secuencia con el método de prueba y error, está dividida en etapas las cuales tienen un tiempo prudente y determinado previamente, para llevar a cabo la realización de cada uno de los objetivos tanto general como específicos del proyecto de grado que se han propuesto, está distribuida de la siguiente forma.

5.1 ETAPAS DE DESARROLLO

- *5.1.1 Primera etapa:*

Comprende el ejercicio de recopilar y documentar la información que exista sobre la tecnología PLC (Comunicación por la red Eléctrica - Power Line Communication) a nivel de Colombia y en cualquier lugar del mundo utilizando herramientas como el Internet, libros, personas naturales y otros estudios referentes a PLC.

- *5.1.2 Segunda etapa:*

Averiguar que entes, tienen manejo del tema propuesto como son universidades, empresas y personas que hayan trabajado o estén realizando alguna investigación con respecto a la tecnología de PLC.

- *5.1.3 Tercera etapa:*

Realizar tablas comparativas en las cuales estén los dispositivos que se hayan encontrado hasta el momento, para diferenciar características propias de cada dispositivo según su fabricante y posibles similitudes existentes entre ellos.

- *5.1.4 Cuarta etapa:*

De acuerdo a la información obtenida se escogerá el dispositivo adecuado para el desarrollo del proyecto, aquel que se acople a las necesidades que el proyecto de grado requiere, seguidamente realizar el proceso de adquisición del dispositivo seleccionado a su respectivo fabricante o distribuidores teniendo

en cuenta el posible tiempo empleado entre la realización del pedido y su entrega del mismo.

- *5.1.5 Quinta etapa:*

Habiendo adquirido el dispositivo que se escogió, verificar cada una de las características del dispositivo y observar su funcionamiento para con esto y de acuerdo a posibles normas vigentes a nivel de instalaciones eléctricas, definir la arquitectura más conveniente para desarrollar el proyecto de grado.

- *5.1.6 Sexta etapa:*

Con el dispositivo y la arquitectura previamente definida se implementará la red PLC Indoor para la realización de las pruebas y ejercicios que sean necesarios realizar para el desarrollo del proyecto.

- *5.1.7 Séptima etapa:*

Comprobar el funcionamiento de la red eléctrica previamente convertida a red PLC, para con esto verificar mediante pruebas tales como: canal de subida y bajada, capacidad de canal, distancia de transmisión en metros, comportamientos al ruido generado por otros factores externos a la red y propios del espacio de aplicación de la tecnología.

- *5.1.8 Octava etapa:*

Acoplamiento de todas las etapas buscando la culminación del proyecto dentro de las fechas estipuladas.

Cada avance en las etapas realizadas estará supervisado por el asesor técnico, para con esto dar visto bueno o pedir una reestructuración sobre la forma en que se desarrolló la prueba en determinado aspecto o característica de la red o el dispositivo PLC, buscando siempre satisfacer las entregas correspondientes a cada porcentaje y de esta forma llevar a cabo la realización del documento final de monografía.

6. DESARROLLO

Para el desarrollo de este proyecto de telecomunicaciones se analizó la configuración, uso, manejo y rendimiento de los dispositivos **PLC (POWER LINE COMUNICACIÓN)**, dando así la confiabilidad de estos dispositivos **D-LINK DHP-300**, los cuales en este proyecto, son los elementos encargados de la transformación de la señal eléctrica en señal de datos.

PLC (POWER LINE COMUNICACIÓN), es una forma de comunicación el cual mejora el sistema actual de Internet, teniendo en cuenta aspectos como velocidad, costos, funcionabilidad, etc.

Bajo los conocimientos adquiridos por investigaciones anteriores en la universidad se creó un interés de parte del grupo de trabajo sobre este tema, lo relacionado con PLC, aunque los estudios eran basados en la realización y desarrollo de los dispositivos tanto de transmisión como de recepción a bajas velocidades y pequeñas distancias, se pensó en dar un enfoque diferente al proyecto, el cual se basa en el estudio de un dispositivo PLC, de los primeros que se obtuvo conocimiento, en este caso el DHP-300 de D-Link.

A grandes rasgos la investigación comenzó recopilando información sobre lo hecho en anteriores proyectos de grado, luego teniendo definido el objetivo del proyecto se buscaron los dispositivos que prestarán las facilidades para la realización del objetivo.

Se encontraron varios fabricantes de diferentes dispositivos como lo son Samsung, HomePlug, Motorola, D-Link, SECA (SONY, PANASONIC Y MITSUBISHI), los cuales muestran sus diferentes soluciones en PLC y después de analizar cada una de las características de los distintos dispositivos se llegó al siguiente paso, el cual fue la selección del dispositivo DHP-301 de D-Link, dispositivo que se adapta y da las facilidades necesarias tales como el factor económico y características técnicas para el desarrollo pensado en el proyecto.

La adquisición del dispositivo se quiso inicialmente hacer por medio de una transferencia electrónica por Internet, esto se pensó, ya que los dispositivos no podían ser conseguidos en Colombia, hacia los primeros días de enero del 2008 se logró encontrar los dispositivos en las ciudades de Bucaramanga, Medellín y Bogotá, por facilidad se adquirieron en Bogotá.

Se hizo la compra de cuatro (4) dispositivos DHP-300, después se procedió a realizar la compra de los elementos que se requieren para montar una red

eléctrica bajo las normas del RETIE, la cual consta de ocho puntos distribuidos en cuatro tomacorrientes donde se colocaran cada uno de los dispositivos que estarán conectados a los equipos respectivamente, en esta se desarrollarán toda clase de medidas y pruebas necesarias para demostrar el funcionamiento correcto o incorrecto de los dispositivos adquiridos (DHP-301 D-Link), después de terminar la red se procederá a realizar el montaje que está previsto para observar cada uno de los aspectos que están citados en los objetivos específicos.

El siguiente paso es la definición de parámetros y características necesarias para escoger la arquitectura más conveniente para el correcto funcionamiento de la red PLC.

Estos parámetros son con respecto a los materiales y la normatividad vigente para el desarrollo de este tipo de instalaciones eléctricas en los espacios determinados para ello, a continuación se describe la arquitectura que se desarrolló.

6.1 ARQUITECTURA

A continuación se referencian los pasos mínimos que se tuvieron en cuenta para la realización de una red eléctrica confiable para la implementación de la tecnología PLC.

6.1.1 Topología

Inicialmente se toma la decisión de utilizar la topología de bus ya que ésta por sus características entrega la facilidad de desarrollar las pruebas, por ejemplo aquellas en las que se necesita hacer tomas de datos de acuerdo a la distancia.

6.1.2 Red eléctrica

- Normatividad para instalaciones eléctricas

Se hace una recopilación de la información vigente en cuanto a la normatividad para instalaciones eléctricas, encontrando con esto la Norma RETIE (Reglamento Técnico en Instalaciones eléctricas) de resolución N^o 181294 del 6 de Agosto de 2008.

Con lo anterior se realiza la compra de los siguientes componentes:

Alambre rojo para la fase de calibre N^o 12.

Alambre verde para tierra de calibre N^o 12.

Alambre blanco para neutro de calibre N^o 12.

Tomacorriente con polo a tierra.

Breaker 30 amperios.

Caja de circuitos eléctricos para dos breaker.

Cinta aislante para conexiones eléctricas.

- *Realización de la red*

La instalación eléctrica fue diseñada teniendo en cuenta la topología escogida, componentes y la norma RETIE, a demás de simular los espacios interiores de los hogares o edificaciones en cuanto a las posibles distancias que existan entre tomacorrientes y también para la realización de pruebas de distancia.

- *Equipos utilizados*

Servicio de energía Eléctrica.

Servidor de internet.

Módem (no necesariamente PLC).

Router (no necesariamente PLC).

Dispositivos PLC (DHP-300).

Equipos de cómputo (PC, consolas de juego, portátil, etc.).

6.2 CONEXIÓN PLC PARA INSTALACIONES MONOFÁSICAS

Una instalación monofásica es aquella que consta de una sola fase para la distribución del servicio de energía eléctrica ya sea en el domicilio, edificio o espacio en el que vaya a tener dicha instalación.

Con lo explicado en la figura 29 se tienen tres líneas de fase para ser utilizadas de acuerdo a las necesidades y especificaciones del usuario final.

Dichas líneas que en la figura 30, se identifican por el color rojo, azul y verde para la fase 1, fase 2 y fase 3 respectivamente, son la replantación de lo que en la vida cotidiana se observa en los postes de servicio eléctrico de baja tensión BT, además se observa la conexión monofásica desde el poste hasta el domicilio y su conexión en la caja de circuitos de este mismo espacio y la conexión del DHP-300 dispositivo PLC a la instalación eléctrica para de esta manera transformarla en una red de datos PLC.

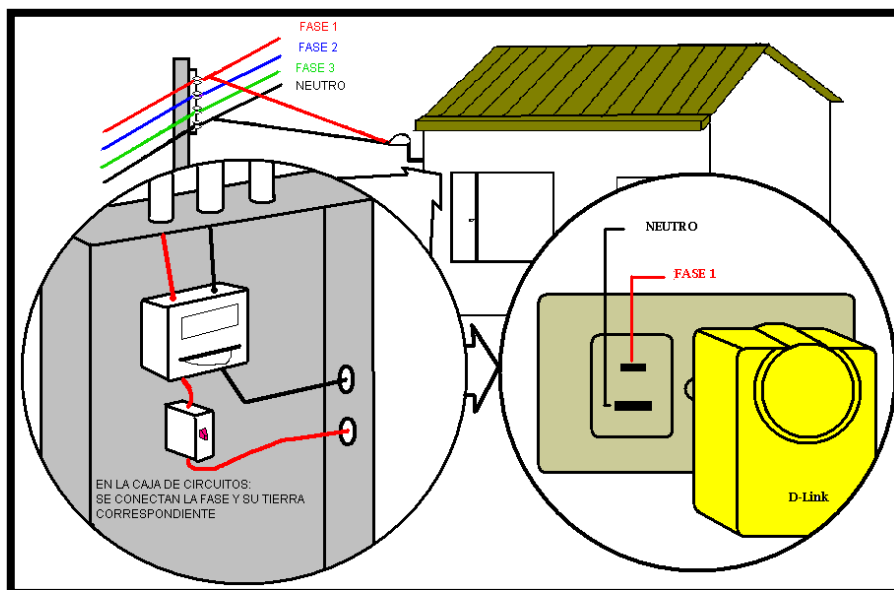


Figura 30. Conexión monofásica externa y red PLC interna.

6.3 CONEXIÓN PLC PARA INSTALACIONES BIFÁSICAS

En la figura 31, se observa la conexión en la caja de circuitos de una instalación bifásica, en esta imagen se observa que al domicilio llegan dos fases, fase 1 y

fase 2 (en rojo y azul respectivamente), esta son distribuidas en el espacio de acuerdo a especificaciones del diseñador de la instalación y a las necesidades del usuario final, esto dependiendo del uso y la carga que se tenga en el domicilio.

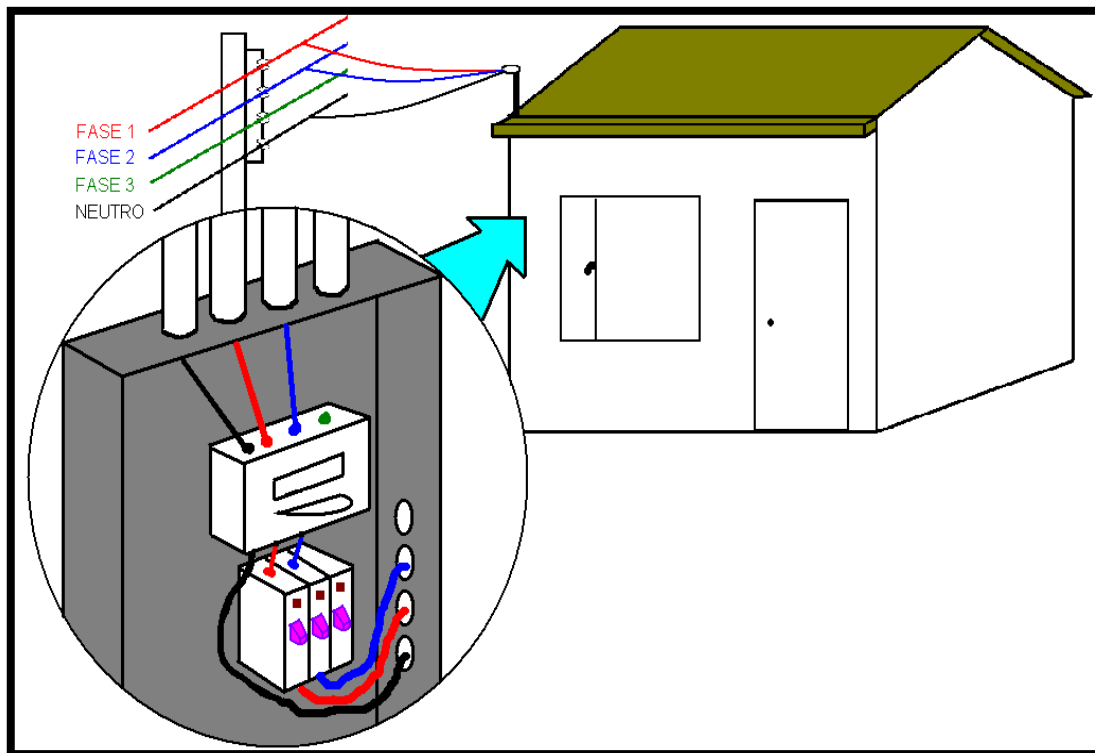


Figura 31. Conexión bifásica interna.

En la figura 32, se simula el diseño para la distribución de una instalación eléctrica bifásica, en este plano (sin especificaciones), se muestra un ejemplo para la distribución de las líneas correspondientes a la fase 1 y la fase 2 (de rojo y azul respectivamente) en un espacio similar al de un domicilio sencillo, el cual cuenta con cuatro espacios que pueden ser habitaciones, cocina, baño, etc. La conexión es de la siguiente manera, en uno de los tomacorrientes correspondientes a cada fase (fase 1 y fase 2) se conecta un dispositivo DHP-300 el cual inundará la red eléctrica con datos para así convertirla en una red de datos y electricidad simultáneamente, habiendo hecho con anterioridad la conexión y configuración de los dispositivos PLC como se explicó anteriormente.

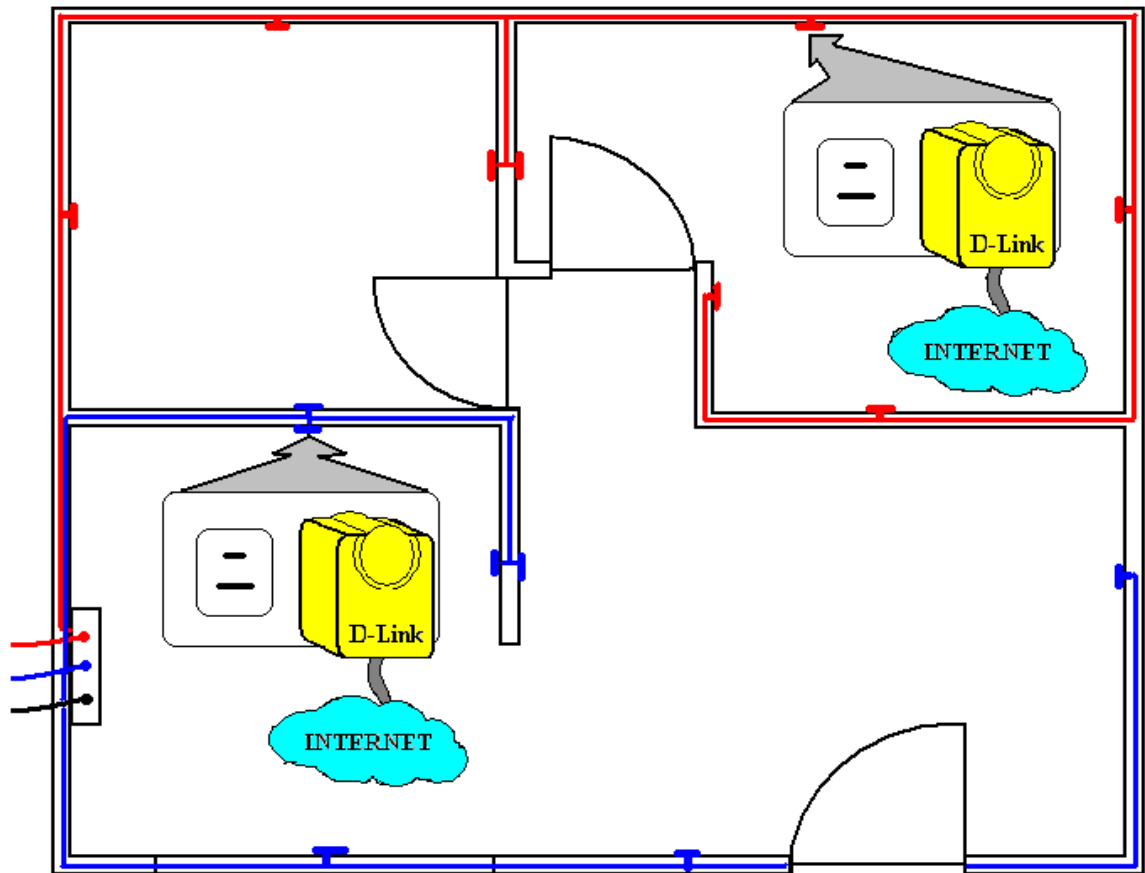


Figura 32. Conexión bifásica PLC interna.

Es de recordar que no es estrictamente necesario tener un dispositivo en cada fase, si es decisión del usuario solo tener su red de datos en una de las fases, puede hacerlo, es decir se conecta el DHP-300 en la fase 1 de rojo o en la fase 2 de azul y esto puede verse como un proceso de administración de la red de datos PLC por parte del cliente o usuario final.

6.4 CONEXIÓN PLC PARA INSTALACIONES TRIFÁSICAS

En una conexión trifásica se cuenta con tres fases, una más que en la bifásica, estas instalaciones son utilizadas sobre todo a nivel industrial, donde la carga que se le adiciona a la red eléctrica es grande en comparación a la carga de un hogar o domicilio para vivienda.

Las líneas de fase, fase 1, fase 2, fase 3, poseen un desfase de 120° eléctricos para así constituirse en un sistema que presta un rendimiento mayor en relación con un sistema bifásico o monofásico.

En la Figura 33, se observa que a la caja de circuitos llegan las tres fases, fase 1, fase 2, fase 3 (rojo, azul y verde respectivamente), estas son distribuidas en el espacio al cual corresponde la instalación eléctrica.

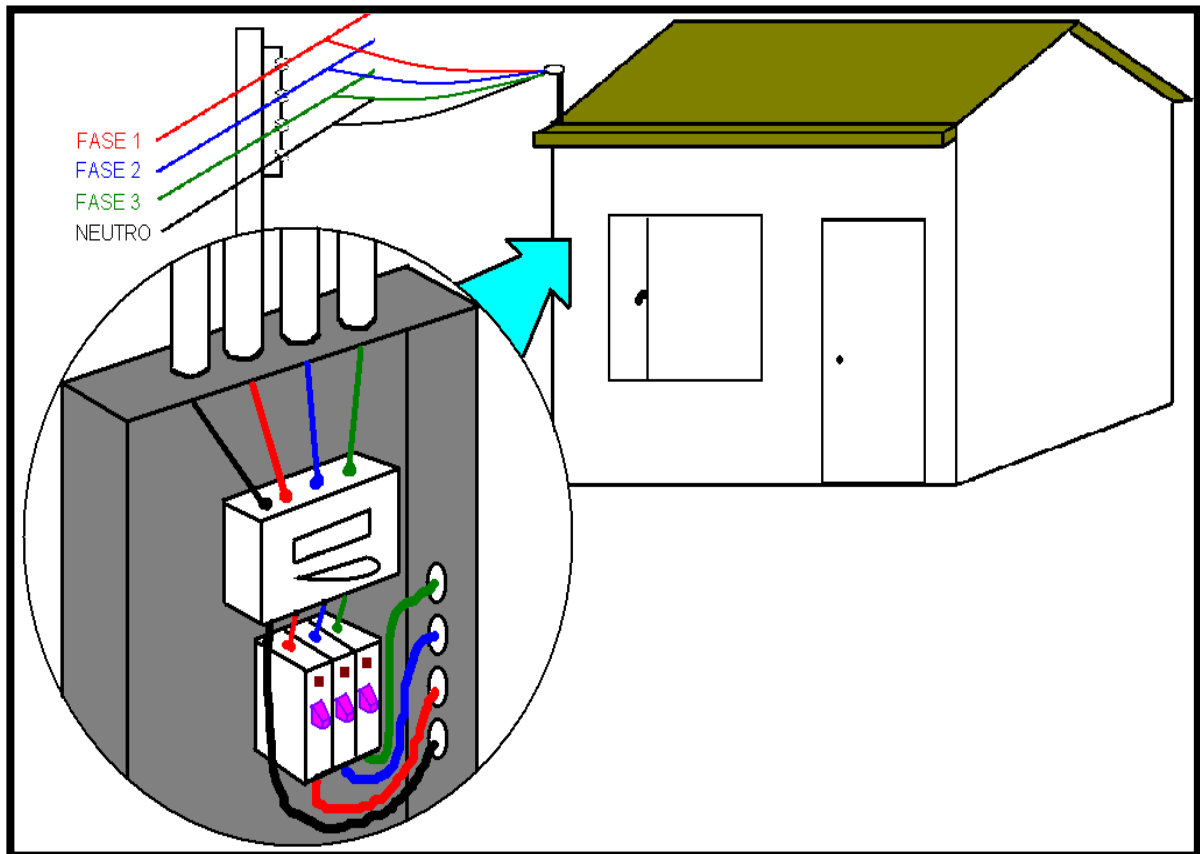


Figura 33. Conexión trifásica interna.

En el plano que se observa en la figura 34, hay una instalación eléctrica, esta consta de tres fases las cuales están distribuidas en el espacio del domicilio, la fase 1 de rojo, la fase 2 de azul y la fase 3 de verde, a cada una de las fases se le conecta un dispositivo PLC previamente instalado con el servicio de Internet y programado para con esto alimentar la red eléctrica con datos, para obtener una red de corriente eléctrica y datos simultáneamente.

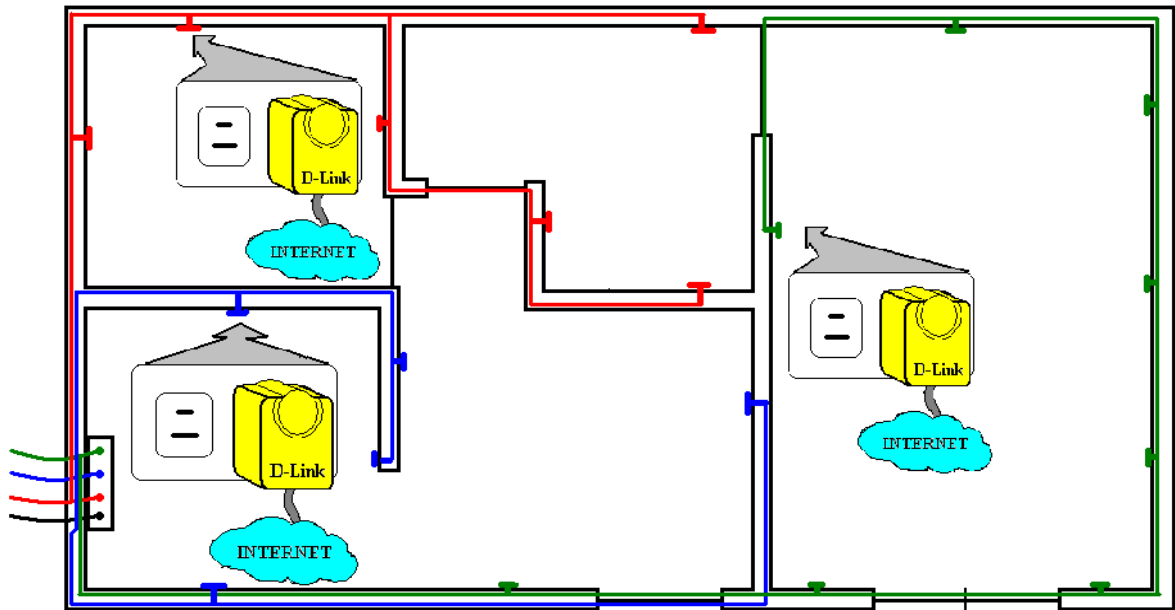


Figura 34. Conexión trifásica PLC interna.

Si se desea, es posible hacer un ejercicio de administración de la red de datos, conectando el DHP-300 solo al segmento de la red eléctrica que se desee, ya sea la fase 1, fase 2 o fase 3, ya que en este tipo de instalaciones es posible que cierta parte del espacio solo sea para maquinaria de trabajo pesado la cual no necesita el servicio de red de datos PLC, pero esto no limita para nada que se pueda utilizar en estos espacios.

6.5 CONEXIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DHP-301

Cuando se hace referencia a la conexión y configuración, es la mejor forma de crear una red de datos PLC, esto se logra con aspectos antes mencionados como por ejemplo el buen estado de la línea de poder, buen proveedor del servicio de internet, etc.

6.5.1 Conexión

Cuando se hace referencia a la conexión, no solo es sobre cómo se conecte el equipo PLC, sino también en qué estado se encuentra la red eléctrica, si se cuenta

con un servidor confiable de internet y si se cuenta con los equipos adicionales a los PLC, para lograr dicha conexión.

Inicialmente se debe tener como mínimo el servicio de internet confiable, en aspectos como el servicio y la infraestructura que haya instalado para brindar el servicio.

Con este servicio en condiciones favorables, se sabe que se cuenta con un módem, entregado por la empresa para tener el servicio en el usuario final, este módem entrega una o varias salidas Ethernet, estas salidas son las que se utilizan para conectar el computador (de mesa o portátil) al módem por medio de un cable de red, generalmente UTP categoría 5e con conector RJ45, como se observa en la Figura 35, uno de estos puertos Ethernet, es el que se toma para alimentar un router, equipo adicional y necesario para poder entregar la señal de datos al dispositivo PLC DHP-300.



Figura 35. Cable UTP categoría 5e.

Se procede a conectar los cables UTP al router de un lado y del otro se conecta los dispositivos DHP-300 los cuales inundan en cualquier punto de la red eléctrica con la señal de datos



Figura 36. Conexión de cables UTP a los dispositivos PLC.

La señal de datos es inducida a un router a través del punto WAN de este, así proporcionando el servicio por cualquiera de sus salidas Ethernet las cuales serán utilizadas para la colocación del dispositivo PLC, por medio de un cable UTP categoría 5e de conector RJ45, como se muestra en la figura 37.



Figura 37. Conexión del router al servicio de internet.

Seguido a este paso se procede a conectar el DHP-300 a un tomacorriente, previamente revisado, con lo cual se asegura que esta línea de poder es de un voltaje de 110/120 Vac a 50/60Hz, voltaje y frecuencia de trabajo del dispositivo

PLC, como se observa en la Figura 38 con la conexión del DHP-300 a la red eléctrica, se asegura que la señal de datos esta inundando la instalación eléctrica, logrando con esto convertirla en una red de datos.



Figura 38. Dispositivos induciendo señal de datos.



Figura 39. Red PLC ensamblada.

La figura 39 muestra la conexión terminada, donde la red de suministro eléctrico es mezclada con la señal de datos, para después ser extraída en otro punto de la

red eléctrica y brindar el servicio de datos a los equipos establecidos, esto es lo que se conoce como una red PLC

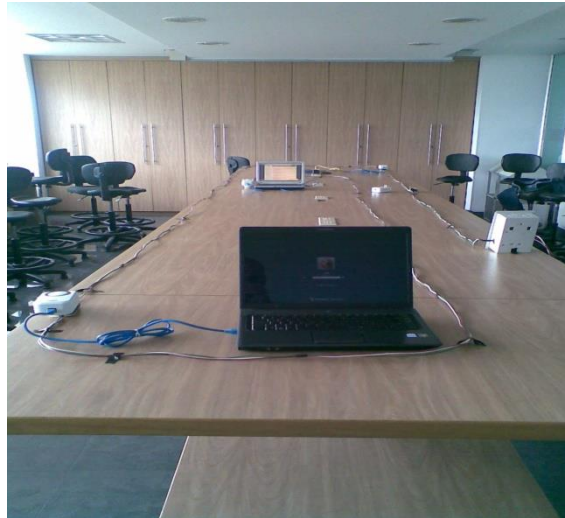


Figura 40. Dispositivos en la red PLC.

Se colocan los equipos para comprobar que la instalación eléctrica en su totalidad tiene el servicio de datos en cualquier punto de acceso, teniendo en cuenta que cada tomacorriente es un punto de inducción o extracción como se ve en la figura 40.



Figura 41. Dispositivos en la red PLC.

Otro ejemplo utilizando un equipo portátil para observar el buen desempeño del servicio de internet dado por la red PLC.

6.6 DISEÑO DE PLAN DE PRUEBAS

Se hizo el desarrollo de un plan de pruebas, el cual consiste en especificar aspectos puntuales de cada prueba a realizar, como se muestra en la tabla 4:

• Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar.	Se quiere dar una identificación a cada prueba.
• Objetivo o motivo de la prueba.	Busca afirmar o refutar algún concepto.
• Pasos a seguir.	Da el procedimiento que se realizará.
• Resultados esperados.	Suministra la información de lo que se conoce.
• Recursos.	Elementos con los que se cuenta.
• Tiempo estimado.	Intervalo de realización.
• Resultados.	Datos entregados de la experiencia.
• Conclusiones	Información de lo obtenido.

Tabla 6. Formato plan de pruebas.

Con el plan de pruebas se logra controlar el desarrollo de las mismas, como se observará a continuación.

Después de hacer el análisis pertinente de los datos tomados en cada prueba, es posible dar las conclusiones requeridas para respaldar los objetivos que estén trabajando.

Estas pruebas se basan en la instalación de los dispositivos para ver el funcionamiento de la red. Está constituida por la red eléctrica, un MÓDEM (Motorola) que proporciona el servicio de Internet, los dispositivos adquiridos (DHP-301 D-Link) y un ROUTER (D-Link).

La conexión es de la siguiente forma: del MÓDEM, proveedor de servicio va conectado al ROUTER por medio de un cable UTP a la entrada WAN del mismo, de acá se conecta un solo dispositivo, de la salida de un puerto LAN del ROUTER

que también se conecta por medio de cable UTP, el dispositivo va directamente a un tomacorriente de la red eléctrica. En otro tomacorriente de la misma red se procede a colocar otro dispositivo, este equipo entrega un cable UTP el cual es conectado al equipo PC, Portátil, consola, etc., para prestarle el servicio de Internet, funcionando de forma adecuada.

7. PRUEBAS Y RESULTADOS

7.1 PLAN DE PRUEBAS

A continuación se hace una descripción de los procedimientos, elementos y equipos que se desean utilizar para comprobar por medio de pruebas el funcionamiento óptimo de la red PLC (Power Line Communication) bajo condiciones reales.

7.1.1 Elementos y componentes utilizados

- Dispositivos PLC D-Link DHP-300
- Computadores de mesa o computador portátil
- Electrodomésticos como: Horno microondas, estufa eléctrica, licuadora, nevera, televisor, equipo de sonido, taladro, etc.
- Instalación eléctrica individual diseñada.
- Instalación del espacio de pruebas como lo son: Apartamento o Laboratorio.
- Servicio de Internet dado por un proveedor determinado.
- Router.
- Módem.
- Cables UTP categoría 5e.
- Osciloscopio digital.
- Sondas

7.1.2 Software utilizado

- Software libre para medición en tiempo real del comportamiento del ancho de banda de la red de datos, **BandMonitor-Pro**
- Software libre para medición, captura y análisis de tramas transmitidas y recibidas sobre la red de datos PLC en tiempo real, **Shark**.

7.2 ESCENARIO DE PRUEBAS

Para las pruebas que se desean realizar se tendrán en cuenta inicialmente dos escenarios.

- Laboratorio de Electrónica Avanzada Fundación Universitaria San Martín.
- Apartamento de residencia (piso 13 de un edificio).

7.3 PRUEBAS A REALIZAR.

Todas las pruebas realizadas al proyecto deben cumplir con los siguientes requisitos, ya sea en su totalidad o en su defecto con algunos de ellos si así lo requiere determinada prueba.

- Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar.
- Objetivo o motivo de la prueba.
- Pasos a seguir.
- Resultados esperados.
- Recursos.
- Tiempo estimado.
- Resultados.
- Conclusiones

7.3.1 PRUEBA N° 1.

• Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar.	FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA
• Objetivo o motivo de la prueba.	Mostrar el funcionamiento ideal de la Instalación eléctrica implementada por integrantes del proyecto.
• Pasos a seguir.	Identificar las líneas teniendo en cuenta los reglamentos técnicos en instalaciones eléctricas (Norma RETIE), las cuales son: neutro, fase y tierra. Se reunieron los elementos finales para la terminación de esta red como lo son las clavijas, breaker (taco eléctrico), tomacorrientes y una

	<p>caja de circuito.</p> <p>Se procederá a la unión de cada uno de los tomacorrientes en los diferentes puntos que se eligieron, estos no se encuentran a la misma distancia, los cuales están conectados por los cables a la caja del circuito, donde se tiene localizado la fase, el neutro y la tierra respectivamente.</p> <p>Por último se realizará la inducción de la corriente por la red eléctrica construida por los integrantes del proyecto.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados esperados. 	<p>Se espera que la instalación eléctrica cumpla con un funcionamiento correcto en la entrega de energía por cada uno de los puntos o tomacorriente colocados aleatoriamente, sin tener ninguna alteración del funcionamiento como puede ser un corto en alguno de los puntos ocasionado por una mala instalación y por una repentina baja o subida de tensión sobre esta.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Recursos. 	<p>Alambres de tres colores N° 12. Tomacorrientes comunes. Breaker (tacos eléctricos). Caja de circuito. Clavija. Pinzas. Destornillador. Cinta aislante. Recurso humano.</p>
<p>Tiempo estimado.</p>	<p>La implementación de la instalación eléctrica requiere aproximadamente 3 horas, teniendo en cuenta la magnitud de la instalación, ya que esta no sobrepasa los 30 mts y la verificación del correcto funcionamiento de la red eléctrica.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados. 	<p>Se realizó la verificación para cada punto instalado esperando este en buenas condiciones para que no hubiese ninguna anomalía sin haber inducido la corriente eléctrica, después conecto a la red eléctrica y se verifico que cada uno de los tomacorrientes instalados tengan el servicio sin ningún contratiempo, esto es debido a que se siguieron las especificaciones técnicas para la</p>

	realización de una red eléctrica (Norma RETIE).
• Conclusiones	Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas para la realización de una red eléctrica, en este caso, se puede construir redes eléctricas confiables para el buen desarrollo del proyecto.

Tabla 7. Prueba uno.



Figura 42. Funcionamiento de la red eléctrica

En la figura 42, se muestra la instalación eléctrica terminada, donde se muestran los componentes ya ensamblados y lista para ser utilizada, según Norma RETIE.

7.3.2 PRUEBA N° 2.

<ul style="list-style-type: none"> • Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar. 	<p>FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA CON CARGA DE DATOS DADA POR LOS DISPOSITIVOS DHP-300.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo o motivo de la prueba. 	<p>Verificar que a través de la instalación eléctrica anteriormente diseñada y probada, es posible tener energía eléctrica y de forma simultánea la señal de datos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pasos a seguir. 	<p>Inducir corriente por la red eléctrica construida.</p> <p>Colocar en cualquiera de los tomacorrientes uno de los dispositivos el cual es el encargado de proveer a la red eléctrica con la señal de datos.</p> <p>Colocar los dispositivos restantes en cualquiera de los tomacorrientes libres para obtener la señal de datos.</p> <p>Verificar en un equipo si tiene o no señal de internet, accediendo a una página no especificada.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados esperados. 	<p>Se desea que los DHP-300 entreguen el desempeño que deben cumplir de acuerdo a sus especificaciones técnicas (ver anexo 1).</p> <p>Observar que cada uno de los dispositivos entregue la señal de datos a todos los equipos establecidos en la red eléctrica, intentando entrar a Internet.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Recursos. 	<p>Red eléctrica construida. Dispositivos PLC DHP-300. Cables UTP. Router. Módem. Servicio de internet (operador opcional). Computador. Recurso humano.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo estimado. 	<p>Se requiere de una hora y media (1/2) dividiéndola en dos (2) secciones, la primera de 30 minutos para el montaje de equipos y demás elementos y el resto del tiempo para observar por medio del computador si los equipos están entregando la señal correctamente y tener el servicio de internet en el PC.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados. 	<p>Se logró tener la señal de datos que brinda el módem y repartida por el router a un dispositivo PLC que entrega la señal de datos a la red eléctrica y recogida por cada uno de los dispositivos colocados en cada tomacorriente restante de la red eléctrica y este a su vez conectado a un computador, donde se obtuvo la señal de datos correctamente y continua por el tiempo establecido.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Conclusiones 	<p>Los equipos DHP-300 brindan la posibilidad de introducir la señal de datos en una red eléctrica y poder recuperarla para ser entregada a un equipo y obtener el servicio.</p>

Tabla 8. Prueba dos.



Figura 43. Carga de datos a la red eléctrica con el DHP-300

7.3.3 PRUEBA N° 3.

<ul style="list-style-type: none"> • Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar. 	<p>DISTANCIA DE TRANSMISIÓN DE LOS DHP-300 EN LA RED ELÉCTRICA.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo o motivo de la prueba. 	<p>Saber la distancia para obtener un buen desempeño de los dispositivos DHP-300 en la red eléctrica INDOOR.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pasos a seguir. 	<p>Buscar un escenario que tenga red eléctrica.</p> <p>Verificar que el escenario tenga el servicio de</p>

	<p>datos (internet).</p> <p>Ejecutar la instalación de los equipos.</p> <p>Observar el funcionamiento de cada uno de los componentes.</p> <p>Comprobar en un equipo si tiene el servicio de datos.</p> <p>Realizar las mediciones desde la entrega de la señal hasta el punto final.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados esperados. 	<p>Se espera que cumpla con la entrega de la señal en la distancia especificada por el DHP-300.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Recursos. 	<p>Escenario que tenga red eléctrica.</p> <p>Dispositivos PLC DHP-300.</p> <p>Cables UTP.</p> <p>Router.</p> <p>Módem.</p> <p>Servicio de internet (operador opcional).</p> <p>Computador.</p> <p>Metro.</p> <p>Recurso humano</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo estimado. 	<p>Se espera realizar la toma de esta prueba en 3 horas aproximadamente.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados. 	<p>Los dispositivos cumplen con las especificaciones técnicas con respecto a la distancia, esta es de 100 metros para un óptimo rendimiento el cual fue verificado con equipos en el punto final.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Conclusiones 	<p>Los DHP-300 trabajan de forma óptima entregando un desempeño excelente en distancias menores a 100 metros.</p>

Tabla 9. Prueba tres.



Figura 44. DHP-300 sobre red eléctrica menor a 100 mts.

7.3.4 PRUEBA N° 4.

<ul style="list-style-type: none"> • Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar. 	<p>TASA DE TRANSFERENCIA EN CANAL DE SUBIDA SOBRE LA RED PLC.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo o motivo de la prueba. 	<p>Probar que la tasa de transferencia esté dentro de los rangos establecidos de acuerdo al ancho de banda que se esté trabajando.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pasos a seguir. 	<p>Escoger el escenario que tenga red eléctrica.</p> <p>Instalación de un software libre para pruebas de testeó de velocidad.</p>

	<p>Observar la tasa de transferencia al subir cualquier archivo.</p> <p>Verificar si la tasa de transferencia es inferior, igual o mayor a la normal sin los dispositivos.</p> <p>Realizar varias pruebas para obtener una cifra promedio de la velocidad de transferencia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados esperados. 	<p>Se espera que la tasa de transferencia en los datos de subida sea igual o mayor a la entregada normalmente en una red sin los dispositivos PLC.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Recursos. 	<p>Escenario que tenga red eléctrica. Dispositivos PLC DHP-300. Cables UTP. Router. Módem. Servicio de internet (operador opcional). Computador. Software de testeo (Speedtest). Recurso humano.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo estimado. 	<p>Esta prueba se realizará en un tiempo de 24 horas para observar el comportamiento de la tasa de transferencia de subida de datos bajo un tráfico determinado por la cantidad de usuarios a determinada hora.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados. 	<p>Los resultados es el promedio de un número de pruebas tomadas en el tiempo estimado para esta, mostró normalidad sobre las velocidades en las tasas de transferencia, con una línea ADSL de 2Mbps en subida fue de 400 a 500 Kbps reales.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Conclusiones 	<p>La tasa de transferencia de datos de subida en la red PLC con los DHP-300 es igual y en algunos casos mayor a la de una red convencional ya que en una línea ADSL de 2 Kbps está entre 350 y 450 Kbps</p>

Tabla 10. Prueba cuatro.

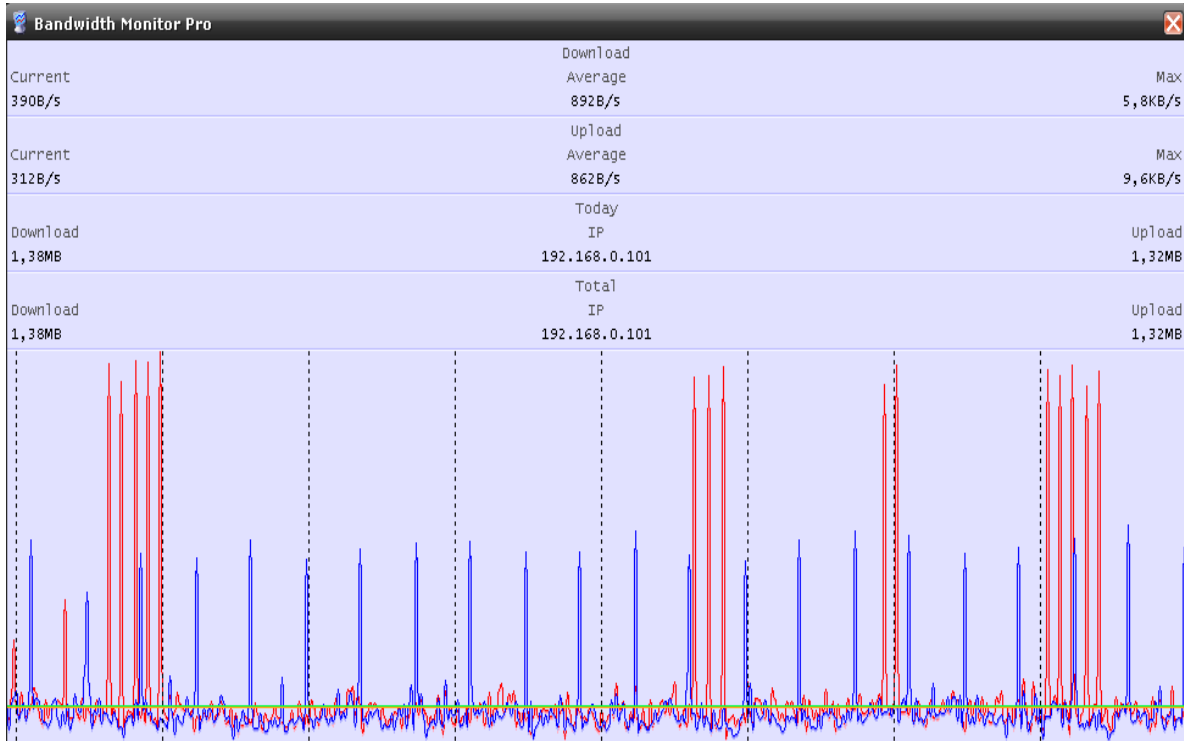
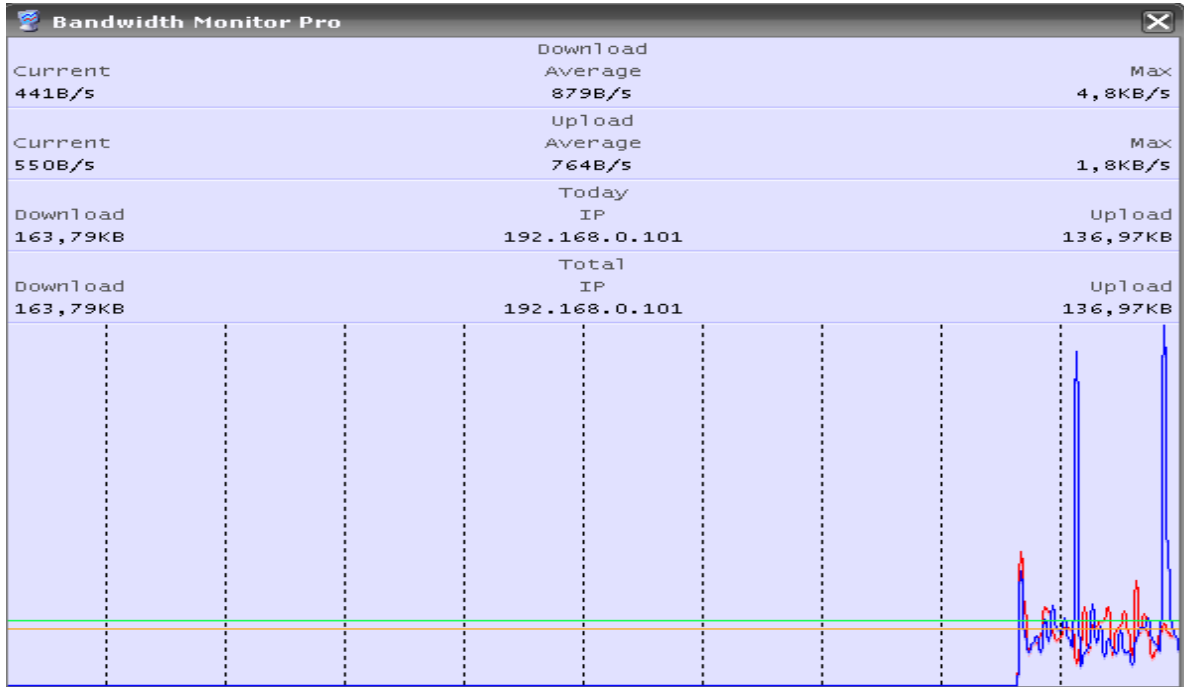


Figura 45. Toma de datos de canal de subida

7.3.5 PRUEBA N° 5.

<ul style="list-style-type: none"> Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar. 	TASA DE TRANSFERENCIA EN CANAL DE BAJADA SOBRE LA RED PLC.
<ul style="list-style-type: none"> Objetivo o motivo de la prueba. 	Probar que la tasa de transferencia este dentro de los rangos establecidos de acuerdo al ancho de banda que se esté trabajando.
<ul style="list-style-type: none"> Pasos a seguir. 	Verificar si la tasa de transferencia es inferior, igual o mayor a la normal sin los dispositivos, luego, realizar varias pruebas para obtener una cifra promedio de la velocidad de transferencia.
<ul style="list-style-type: none"> Resultados esperados. 	Se espera que la tasa de transferencia en los datos de bajada sea igual o mayor a la entregada normalmente en una red sin los dispositivos PLC.
<ul style="list-style-type: none"> Recursos. 	Escenario que tenga red eléctrica. Dispositivos PLC DHP-300. Cables UTP. Router. Módem. Servicio de internet (operador opcional). Computador. Software de testeo (Speedtest). Recurso humano.
<ul style="list-style-type: none"> Tiempo estimado. 	Esta prueba se realizará en un tiempo de 24 horas para observar el comportamiento de la tasa de transferencia de bajada de datos bajo un tráfico determinado por la cantidad de usuarios a determinada hora.
<ul style="list-style-type: none"> Resultados. 	Los resultados es el promedio de un número de pruebas tomadas en el tiempo estimado para esta, mostró normalidad sobre las velocidades en las tasas de transferencia con una línea ADSL de 2Mbps en bajada fue de 1350 a 1450 Kbps reales.
<ul style="list-style-type: none"> Conclusiones 	La tasa de transferencia de datos de bajada en la red PLC con los DHP-300 es igual y en algunos casos mayor en un 10% a la de una red convencional.

Tabla 11. Prueba cinco.

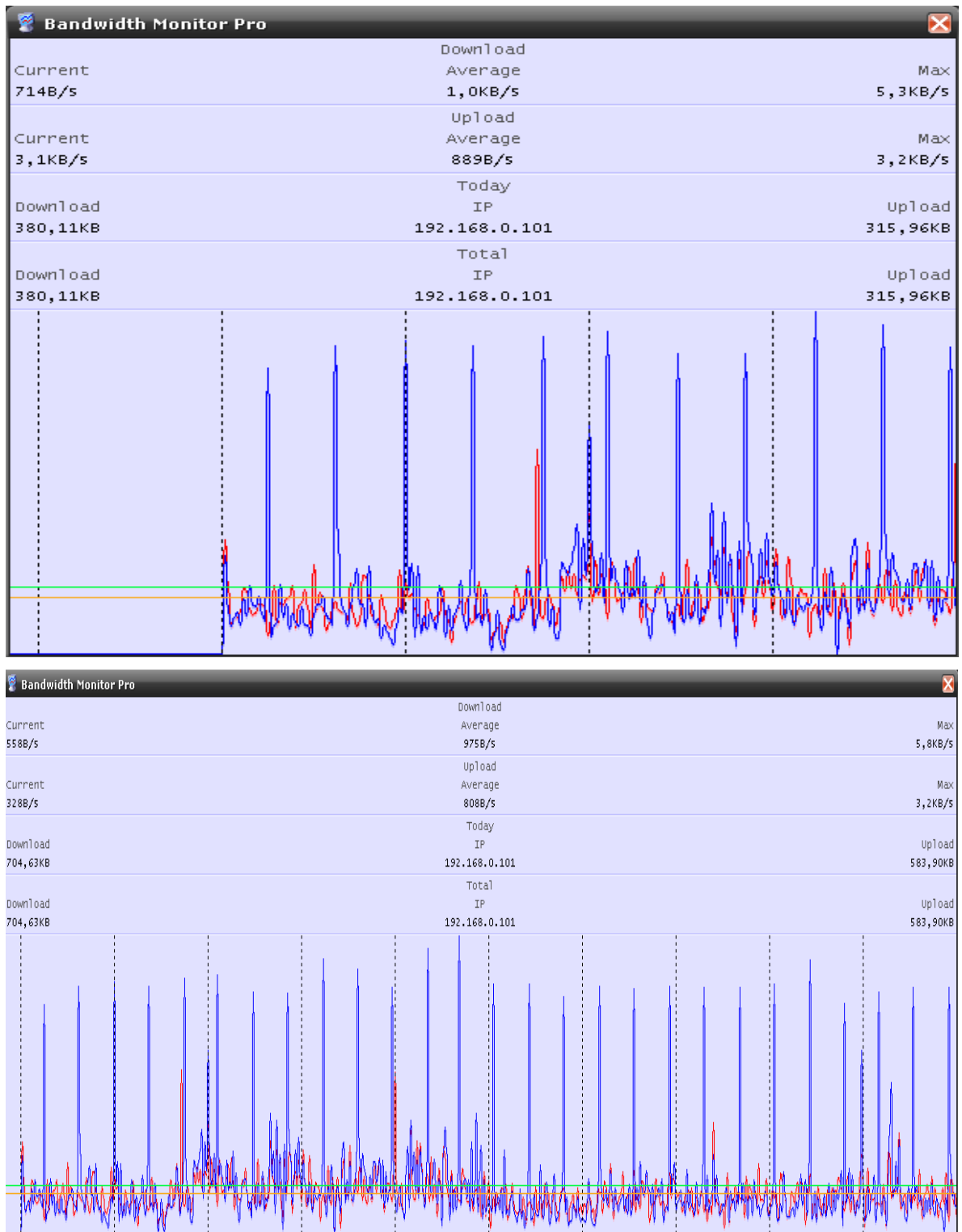


Figura 46. Toma de datos de canal de bajada.

7.3.6 PRUEBA N° 6.

<ul style="list-style-type: none"> • Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar. 	<p>COMPORTAMIENTO DE LA RED PLC CON RUIDO GENERADO POR ELECTRODOMÉSTICOS.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo o motivo de la prueba. 	<p>Probar que el ruido que inducen los electrodomésticos a la red eléctrica no afecta de forma grave el funcionamiento a la red de datos PLC.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pasos a seguir. 	<p>Escoger el escenario que tenga red eléctrica (apartamento, laboratorio o instalación implementada).</p> <p>Colocar cada uno de los dispositivos PLC con su respectivo equipo en la red eléctrica.</p> <p>Conectar cada uno de los electrodomésticos que normalmente se encuentran en una casa u oficina y verificar el funcionamiento de la red PLC</p> <p>Conectar todos los electrodomésticos y verificar el funcionamiento de la red PLC</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados esperados. 	<p>Se espera que la red PLC, soporte el ruido que los electrodomésticos inducen a la red de datos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Recursos. 	<p>Escenario que tenga red eléctrica. Dispositivos PLC DHP-300. Cables UTP. Router. Módem. Servicio de internet (operador opcional). Computador. Licuadora. Horno microondas. Nevera. Plancha. Televisores. Secador de cabello. Equipo de sonido o grabadora. Calentador de agua. Estufa eléctrica.</p>

	Taladro. Cargadores de celulares. Recurso humano.
• Tiempo estimado.	La prueba se desarrollara en un tiempo de 24 horas no continuas.
• Resultados.	La red PLC sufre un deterioro no significativo en la señal de datos cuando están conectados los electrodomésticos a la red eléctrica, de forma individual y grupal, pero no altera el buen funcionamiento, véase en la figura 48.
• Conclusiones	El ruido inducido por los electrodomésticos no afecta el funcionamiento de la señal de datos PLC.

Tabla 12. Prueba seis.



Figura 47. Conexión de electrodomésticos para pruebas.

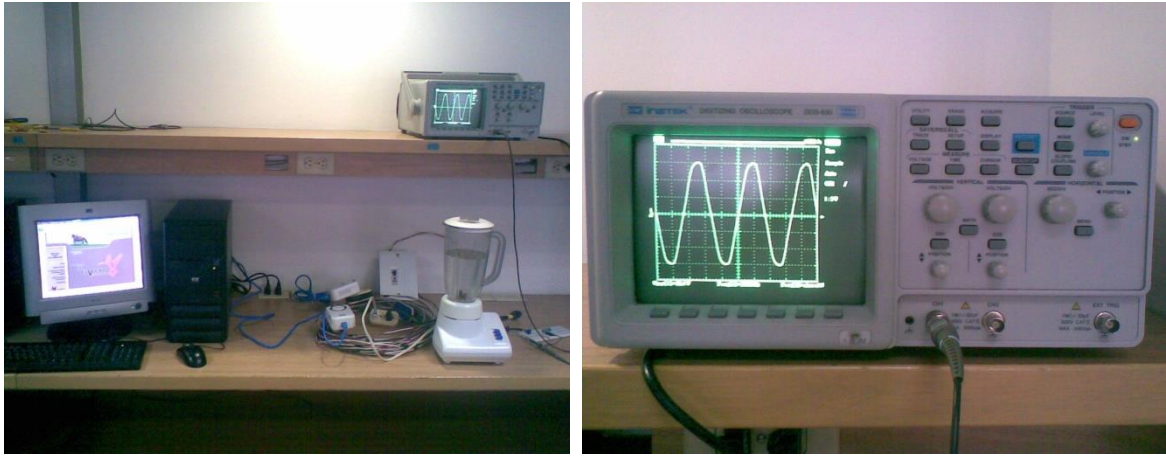


Figura 48. Comportamiento de la señal PLC con electrodoméstico.

7.3.7 PRUEBA N° 7.

<ul style="list-style-type: none"> Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar. 	COLISIONES POR EQUIPOS CONECTADOS A LA RED PLC
<ul style="list-style-type: none"> Objetivo o motivo de la prueba. 	Comprobar que si sobre la red PLC hay varios equipos tomando la señal de datos o a su vez haciendo comunicación entre ellos, las posibles colisiones existentes en la red no alterarán el funcionamiento en la red.
<ul style="list-style-type: none"> Pasos a seguir. 	Habiendo instalado la red PLC con un número determinado de equipos se hará comunicación desde la red PLC hacia otras redes y simultáneamente entre los equipos de esta y con la utilización de un software observar las posibles colisiones existentes.
<ul style="list-style-type: none"> Resultados esperados. 	Se espera que de existir colisiones entre equipos de la red PLC estas no afecten el desempeño de la red.
<ul style="list-style-type: none"> Recursos. 	La instalación eléctrica del escenario escogido (apartamento, laboratorio o instalación implementada), los dispositivos DHP-300, señal de datos (INTERNET), router, módem, varios computadores y software para medición

	BandMonitor-Pro ó Shark Ethereal.
• Tiempo estimado.	La prueba se desarrollara en un tiempo de 24 horas no continuas.
• Resultados.	En los momentos que se hacen las tomas de información se observara el desempeño de la red, tanto en la tasa de transferencia de datos de subida y bajada, ancho de banda y capacidad de canal, ver anexo 6.
• Conclusiones	Al realizar el ejercicio de conectar en el espacio de laboratorio la red PLC con todos los equipos del mismo, se obtuvo el funcionamiento correcto de la señal de datos en la red, haciendo prácticas de subida y bajada de datos con herramientas como NetMeeting en las distancias trabajadas.

Tabla 13. Prueba siete.



Figura 49. Conexión de varios equipos a la red PLC.

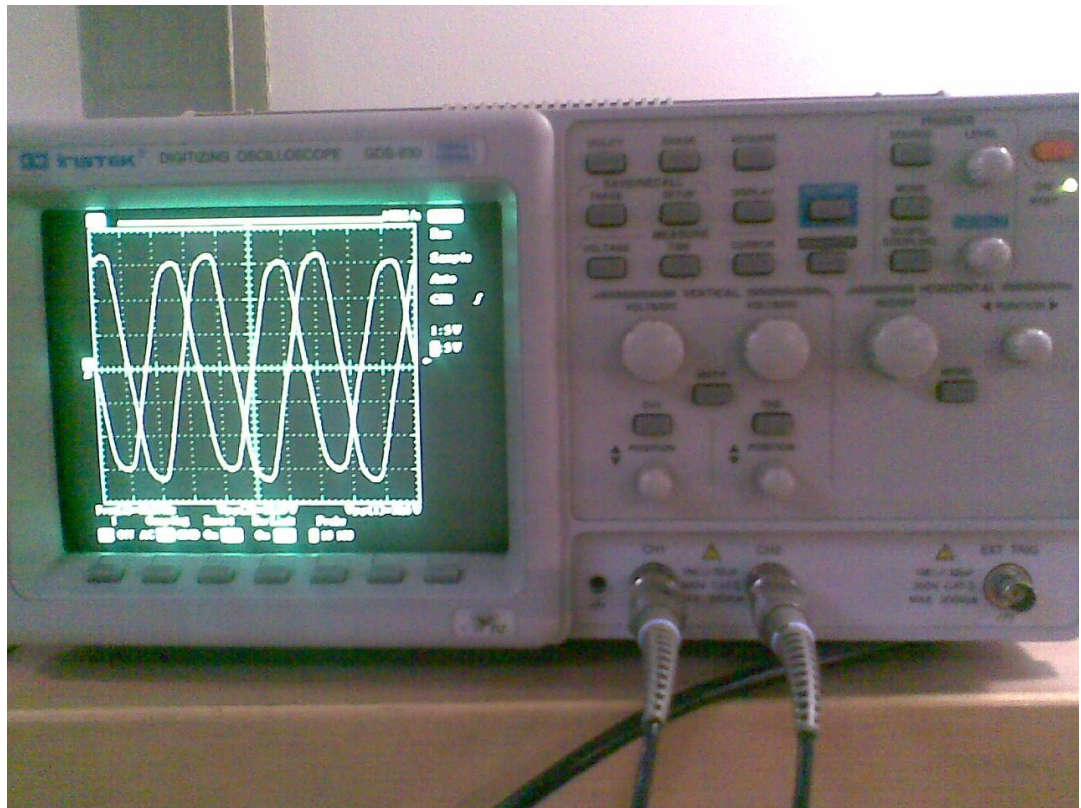


Figura 50. Red PLC sobre fases diferente.

En la figura 50, se observan las fases que se tienen en el circuito eléctrico del laboratorio, espacio de pruebas y red sobre la que están conectados los equipos que se utilizaron para la prueba de colisiones, los dispositivos DHP-300 aseguran señal sobre cualquier fase en redes bifásicas y trifásicas.

7.3.8 PRUEBA N° 8.

<ul style="list-style-type: none"> • Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar. 	CAPACIDAD DE CANAL DE LA RED PLC
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo o motivo de la prueba. 	Se quiere observar el funcionamiento de la red PLC en cuanto a la cantidad máxima de información que puede llegar a transmitir en la

	red PLC, bajo las características nombradas anteriormente que podrían llegar a afectar dicha red.
<ul style="list-style-type: none"> • Pasos a seguir. 	Con la utilización de un software Shark Ethereal se observará el comportamiento de la información y la capacidad de canal disponible bajo ciertas características de los datos trabajados.
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados esperados. 	Se espera que la información que se esté transmitiendo por el canal sea la máxima que permite este medio.
<ul style="list-style-type: none"> • Recursos. 	La instalación eléctrica del escenario escogido (apartamento, laboratorio o instalación implementada), los dispositivos DHP-300, señal de datos (INTERNET), router, módem, varios computadores y software para medición Shark Ethereal.
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo estimado. 	La prueba se desarrollara en un tiempo de 12 horas.
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados. 	Los resultados van a ser el promedio de un número de pruebas tomadas en el tiempo estimado para observar que porcentaje del canal es utilizado, ver figura 51.
<ul style="list-style-type: none"> • Conclusiones 	Conectando los dispositivos DHP-300 a la red eléctrica previamente, se crea la red PLC. Se realizó la prueba con tres equipos que funcionaron como receptores de la señal, los cuales trabajaron con un ancho de banda (100Mbps) entregado por la señal de datos con un rendimiento correcto, en algunos momentos con mejor desempeño (10%) que si se tomara la señal de la forma usual.

Tabla 14. Prueba ocho.

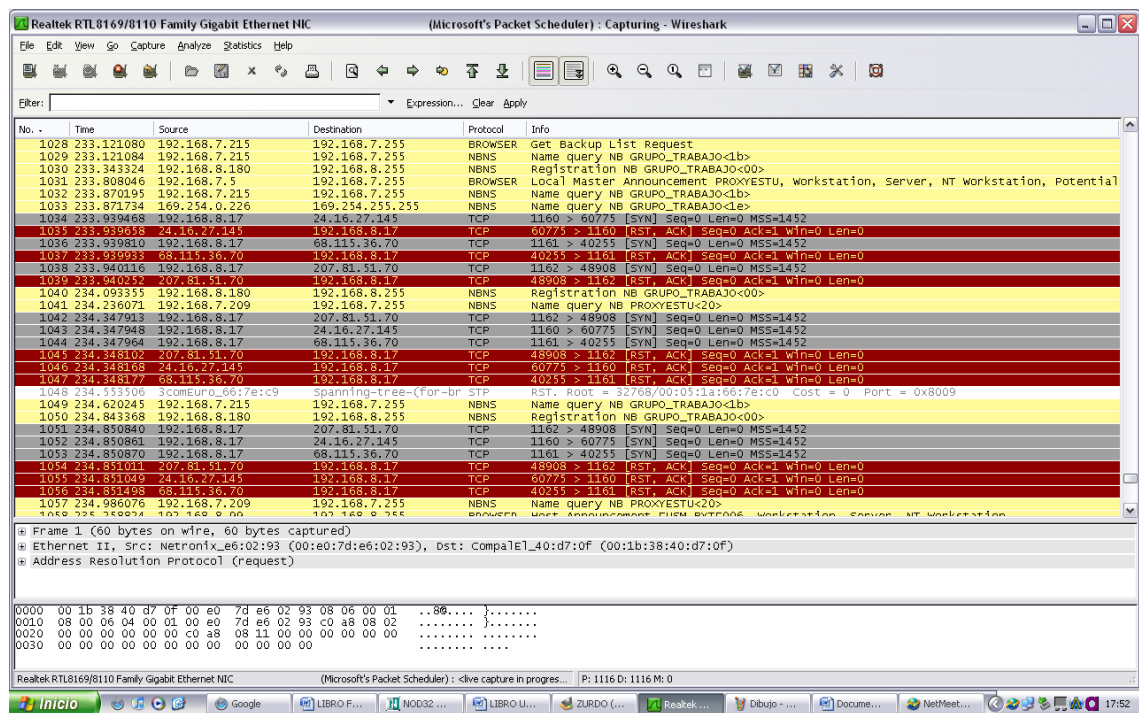
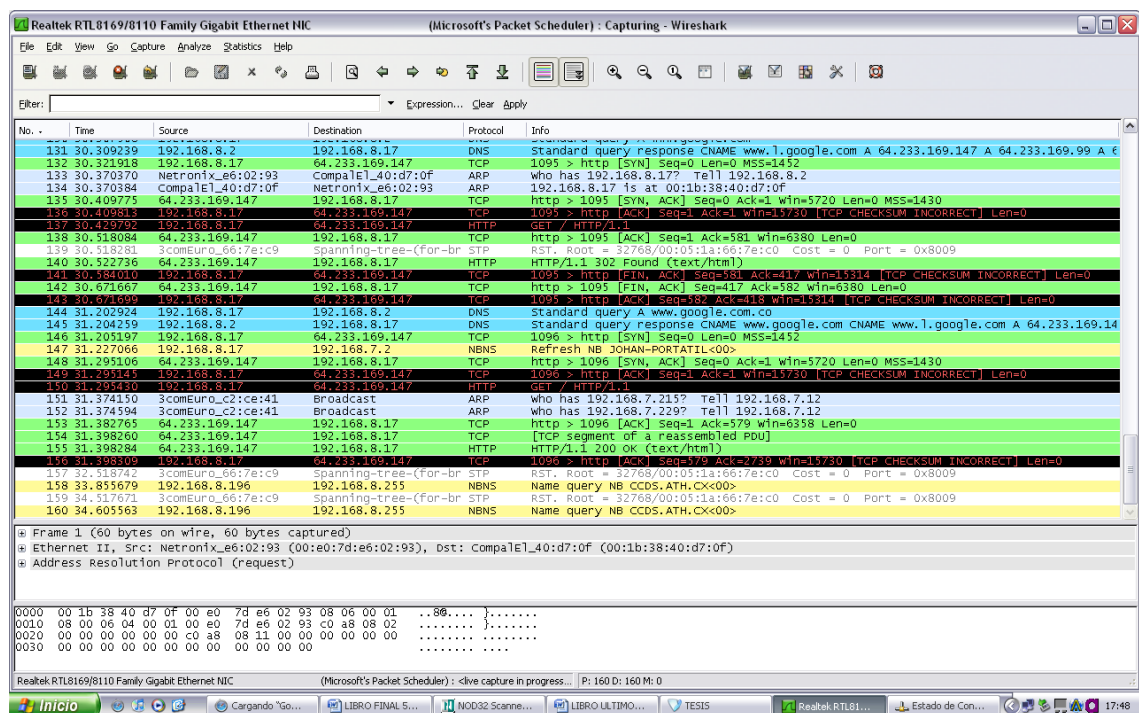


Figura 51. Protocolos de la red en la transmisión.

En la figura 50 y 51 muestran cada uno de los protocolos que se presentan en la transmisión de datos sobre la red PLC, como sucede en una red de datos convencional.

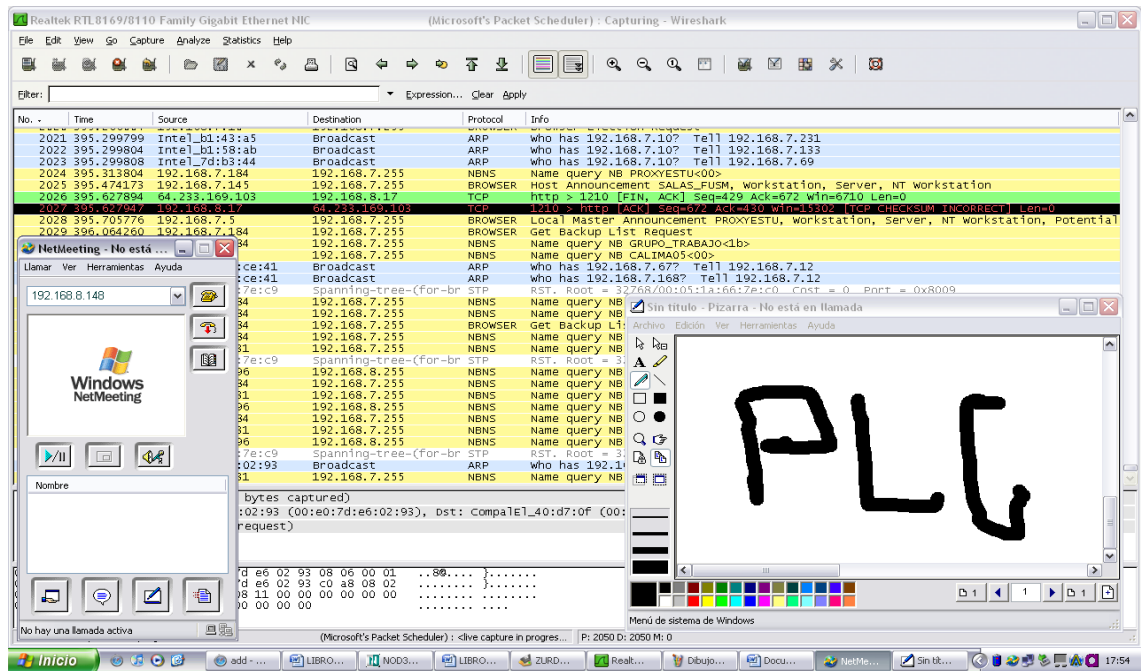
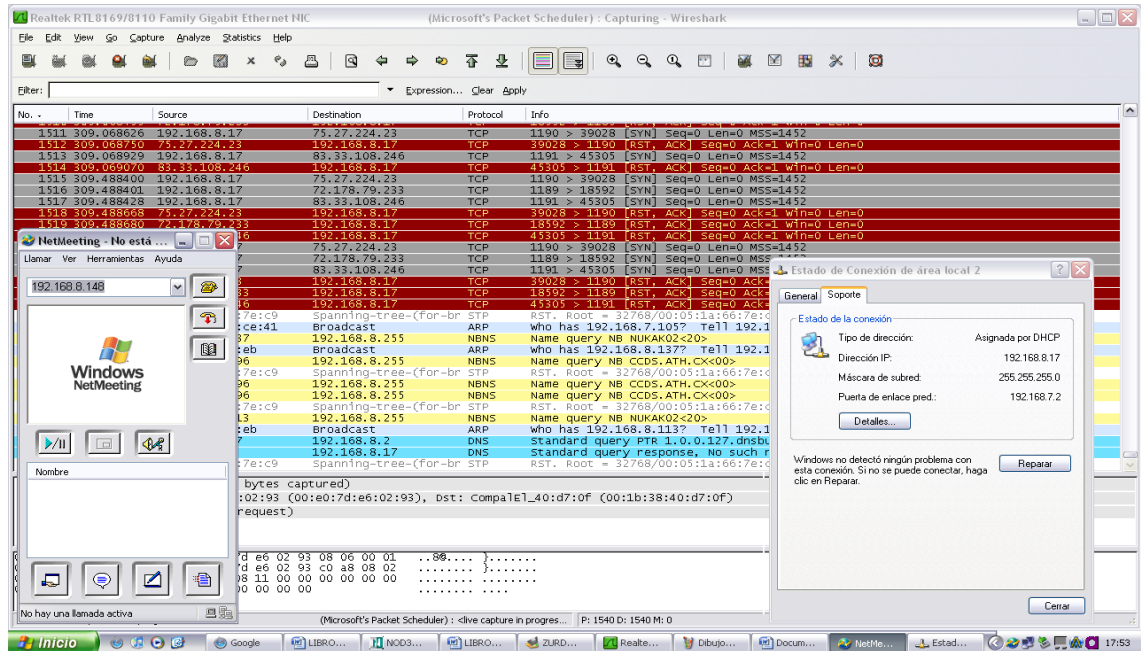


Figura 52. Captura de protocolos de transmisión Netmeeting.

7.3.9 PRUEBA N° 9.

<ul style="list-style-type: none"> Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar. 	<p>COMPORTAMIENTO DE LA SEÑAL DE DATOS PLC APLICADA A UN TRANSFORMADOR 1:1</p>
<ul style="list-style-type: none"> Objetivo o motivo de la prueba. 	<p>De datos teóricos entregados por un proceso de investigación, se tiene conocimiento de que la señal de datos PLC no puede pasar a través de un transformador, se desea observar este fenómeno realizando el ejercicio con un transformador 1:1 de 110VAC.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Pasos a seguir. 	<p>En la maqueta diseñada para la simulación se realiza el montaje del transformador y se inyecta la señal de datos y señal eléctrica por medio de los DHP-300.</p> <p>Teniendo la red PLC outdoor simulada, se procede a realizar las medidas correspondientes al ejercicio, esperando no obtener señal de datos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Resultados esperados. 	<p>Se espera que la señal de datos inyectada al transformador 1:1 de 110VAC no pase a través de este elemento por características del mismo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Recursos. 	<p>Se cuenta con la maqueta que simula la red PLC outdoor. Los DHP-300 Equipos de medición Antecedentes teóricos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Tiempo estimado. 	<p>Por el ejercicio que se va a realizar la prueba se programa para una hora de duración.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Resultados. 	<p>La señal de datos inyectada al transformador 1:1 de 110VAC, paso a través de este, prestando el servicio de datos como si no existiese dicho equipo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Conclusiones 	<p>Se concluye que en conexiones de baja tensión, los DHP-300 si logra hacer el paso de la señal de datos PLC a través de este equipo.</p> <p>De acuerdo a la investigación que se generó al obtener este resultado de la simulación, se llega</p>

	a concluir que en transformadores de media y alta tensión la señal de datos NO PASA a través de este equipo, esto sucede por configuraciones propias de fabricación como lo son delta-delta, delta-y, y-y, y-delta y porque la red eléctrica del equipo es del tipo Trifásico.
--	---

Tabla 15. Prueba nueve.

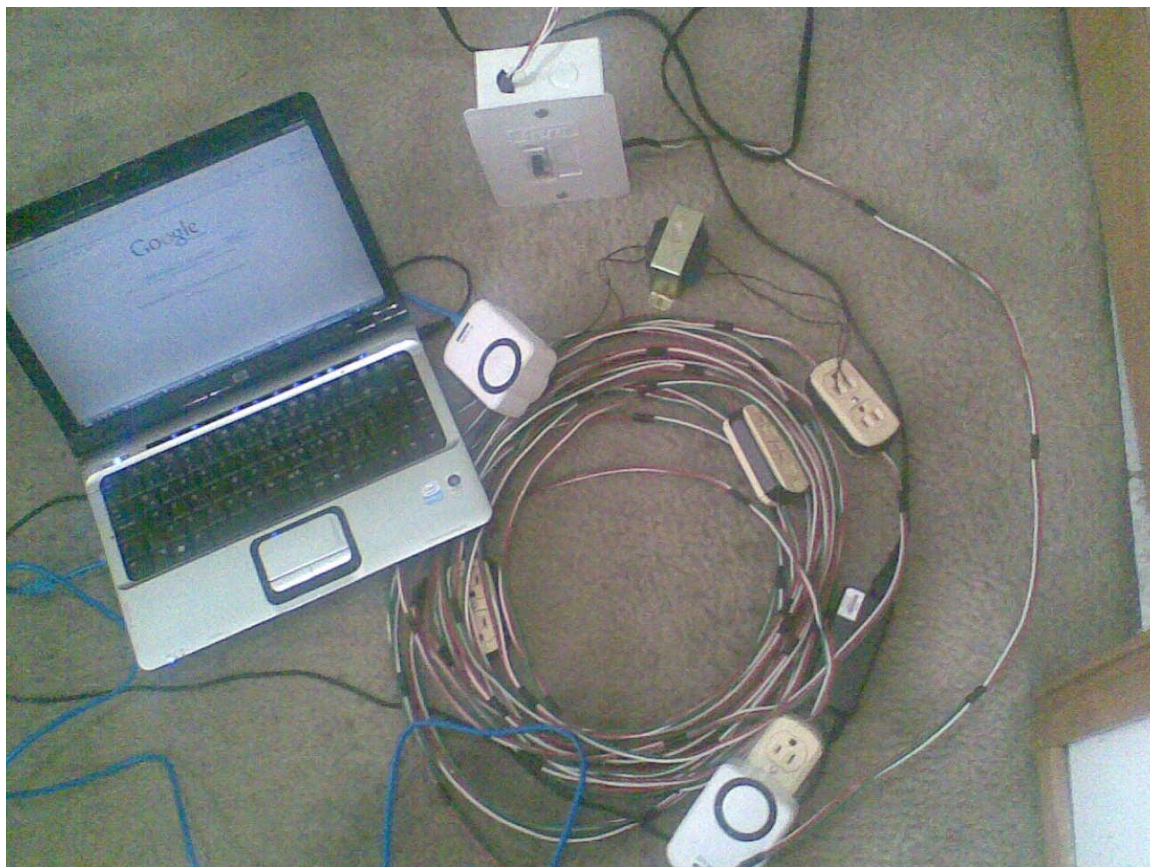


Figura 53. Datos PLC a través del transformador

En la figura 53 se observa la conexión de la red de datos PLC conectada a un Transformador 1:1 de 110VAC y un portátil en el que se observa que posee red de datos, es decir pasa la señal a través del equipo ya que se muestra una página de internet.

8. CONCLUSIONES

- Con el proyecto de grado CRITERIOS PARA IMPLEMENTAR UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR, se da a conocer la tecnología PLC con los parámetros técnicos (Norma RETIE) y teóricos (especificaciones DHP-300) mínimos para la implementación de una red de datos PLC INDOOR, encontrada en la investigación realizada en el desarrollo del proyecto.
- La tecnología PLC da posibilidad de crear una red de datos sobre infraestructura ya existente logrando con esto dar una herramienta para desarrollar proyectos con factores económicos y de tiempo bajo en comparación a otras tecnologías, cuando la solución que se desea dar es para una red de gran tamaño.
- Con el empleo de los dispositivos D-Link DHP-300 se tiene una confiabilidad del 100%, para la unión de las señales de datos y eléctrica por el mismo medio físico a distancias que no superen los 100 metros entre dispositivos.
- Debido a que la red eléctrica comercial llega a casi todos los sitios habitacionales u oficinas es la forma ideal para brindar el servicio de datos a todo lugar debido a la gran cobertura de la red eléctrica.
- La señal de datos tiene problemas al pasar por los transformadores de alta y media tensión ya que estos son circuitos bifásicos y trifásicos razón por la cual la señal de datos no pasa a través de ellos, contrario a los transformadores de baja tensión donde la señal de datos pasa correctamente debido a que estos manejan una sola fase (monofásicos).
- El ruido inducido por los electrodomésticos y motores habituales no afecta la señal de datos que viaja por la red eléctrica, al recuperar la señal se comprobó el buen desempeño de la señal de datos en aspectos como canales de subida y de bajada.
- Dependiendo del ancho de banda que se posea, la cantidad de equipos está limitada por decisión del administrador de la red, de acuerdo a las necesidades puntuales y el trabajo que se realice en cada punto de toma de la señal PLC, el funcionamiento de la red PLC montada con cuatro equipos fue estuvo dentro de los rangos normales de acuerdo al ancho de banda que se utilizó.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una investigación sobre el estado de las instalaciones eléctricas, medio de trabajo de la tecnología PLC, apoyándose en planos puntuales de la distribución de la red en el espacio que se piense desarrollar un futuro proyecto.

Si existieran antecedentes de algún cambio en la distribución de la red eléctrica, realizados por razones de ampliación, renovación o por algún acontecimiento que haya deteriorado la instalación eléctrica, es de gran importancia conocerlos, para que en el momento de realizar el montaje de la red de datos PLC, no existan retrasos ni posibles errores en el funcionamiento de dicha red.

Cuando se trabajan con redes eléctricas, es necesario tener conocimiento sobre la normatividad vigente y existente para este tipo de redes, dada por organismos de control del país, se recomienda tener en cuenta normas como el RETIE.

Si se desea trabajar la prospectiva del proyecto de grado **CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR**, es importante realizar una investigación a fondo, sobre los adelantos que puedan presentarse seguidos a este proyecto, en lo referente a las redes de alta tensión para sistemas Outdoor PLC.

10. TRABAJO FUTURO

Se deja la inquietud para los investigadores que posiblemente deseen trabajar un futuro proyecto de grado referente a la tecnología PLC las siguientes inquietudes.

- Los dispositivos PLC de D-Link, trabajados en el proyecto de grado CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR dan la posibilidad de inundar de datos la red eléctrica en un espacio no mayor a 70 metros a la redonda, siempre y cuando la instalación eléctrica existente corresponda al mismo circuito en dicho espacio, con este antecedente se propone realizar una red de datos PLC paralela a la existente en la Fundación Universitaria San Martín, con el objeto que sirva de respaldo a la red existente de cableado estructurado, para tener el servicio en determinado momento que se presente algún inconveniente técnico.
- El proyecto de grado CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR, contiene una investigación enfocada a redes de datos PLC INDOOR, por ello se propone realizar una investigación que continúe un desarrollo a nivel OUTDOOR, es decir en redes de alta tensión, buscando complementar la introducción que se realizó sobre este tema, para buscar un desarrollo completo, con el objeto de pensar en tener la posibilidad de prestar el servicio en un área más extensa con posibles clientes que estén a mayor distancia.

11. GLOSARIO

D-Link:	Nombre de la compañía desarrolladora del dispositivo PLC. [D-LI2007]
Domótica:	La integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto, es decir el concepto de control integrado de los dispositivos eléctricos y electrónicos de la vivienda, bien de forma presencial o bien de forma remota. [TELE2006]
Indoor:	Red interna, proporciona el tramo que se encuentra dentro del recinto. [HALI2004]
Outdoor:	Red externa, este cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce como “última milla”, y que para el caso de la red PLC comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de energía eléctrica (contador). [HALI2004]
PLC:	Comunicación por la red de poder
Fase:	Valor de la fuerza electromotriz o la intensidad de una corriente eléctrica alterna en un momento dado. [DICC2006]
Monofásica:	Se aplica a las corrientes eléctricas alternas que sólo constan de una fase. [ELPA20008]
Bifásica:	Se aplica al sistema eléctrico que tiene dos corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador, cuyas fases respectivas se producen a la distancia de un cuarto de periodo [ES.T2008]
Trifásica:	Se aplica al sistema eléctrico que está formado por tres corrientes alternas iguales con fases que se distancian un tercio de periodo [THEF2008].
Baja tensión:	Suministro con tensión inferior a 1.000 V. [ENER2008]
Media tensión:	Media tensión eléctrica para referirse a instalaciones con tensiones entre 1 y 36 KV [ES.W2008].

Alta tensión:	Se refiere a instalaciones a niveles de subestaciones eléctricas con voltajes entre 220 KV ac y 400 KV ac.
Inductancia:	Propiedad de los circuitos eléctricos por la cual se produce una fuerza electromotriz cuando varía la corriente que pasa, ya por el propio circuito (autoinducción), ya por otro circuito próximo a él (inducción mutua): la inductancia se mide en henrios. [DICC2006]
RETIE:	Reglamento técnico para instalaciones eléctricas.
UTP:	(Par trenzado sin blindaje), Tipo de conductor con un cable de cobre utilizado para telecomunicaciones como por ejemplo, conexiones para la creación de una LAN. [ALEG2008]
Shark:	Software libre para la identificación de protocolos de red en tiempo real, anterior versión conocida como Ethereal, La descarga del software se hace por medio de un motor de búsqueda, ejemplo Google con el nombre de Shark Ethereal, seguidamente a esto es de escogencia de cada usuario el lugar de donde los descargue ya que es gratuito.
BandMonitorPro:	Software libre para la medición de ancho de banda sobre la red de datos en tiempo real.
Transformador:	Es aquel dispositivo capaz de modificar alguna característica de la energía eléctrica y su principio estructural en dos bobinas con dos o más devanados o arrollamientos alrededor de un centro común llamado núcleo. El núcleo es el elemento encargado de acoplar magnéticamente los arrollamientos de las bobinas primaria y secundaria del transformador. Esta construido superponiendo numerosas chapas de aleación acero - silicio, fin de reducir las pérdidas por histéresis magnética y aumentar la resistividad del acero. [FRIN2006]
Breaker:	Protector de circuitos para evitar cortocircuitos [ARTE2008]
OFDM:	Sigla para definir Multiplexación por división de frecuencias ortogonales.
TCP:	Protocolo de Control de Transmisión [INFO2006]

IP: IP es la dirección numérica de una computadora en Internet
[PERG2007]

12. BIBLIOGRAFÍA

12.1 REFERENCIAS INTERNET

[ACER2002] Asociación Argentina del trabajo. Tecnología PLC: Internet a través de la red eléctrica. Año 1 No3 2002 http://www.aat-ar.org/Revista_art.asp?iid=69

(Navegado enero de 2008)

[ALEG2008]<http://www.alegsa.com.ar/Dic/utp.php>

(Navegado octubre de 2008)

[ARTE2008]<http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/breaker-6609.html>

(Navegado noviembre de 2008)

[BUME2006] <http://www.bumeran.com.co/empleos/2251640-ingenieros-plc.html>

(Navegado marzo de 2008)

[CHIF2006].Chifarelli Armando. [Pruebas Pilotos con Tecnologías PowerLine Communications \(PLC\)](http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/plc.html)

<http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/plc.html>

(Navegado enero de 2008)

[CASA2007] http://www.casadomo.com/images/news/20070214_plc_casa_1.jpg

(Navegado febrero de 2008)

[DICC2006] <http://www.diccionarios.com/consultas.php>

(Navegado noviembre de 2008)

[DLIE2008]<http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/elconceptodefase.htm>

(Navegado agosto de 2008)

[D-LI2007][D-Link Corporation./D-Link Systems,Inc2007.](http://www.dlink.com/products/?pid=533)

<http://www.dlink.com/products/?pid=533>

(Navegado septiembre de 2007)

[EQUI2005]EquiospropowerparaPLC.SistemaIndoor.[Online].www.promax.es/esp/noticias/extdnew.asp?text=57

(Navegado noviembre de 2007)

[ELEC2006]http://electronica.udea.edu.co/departamento/acreditacion/Anexos_archivos/ANEXO%2022%20TESIS.pdf

(Navegado mayo de 2008)

[ES.W 2008] http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_de_red

[ELEC2008]<http://www.electronica2000.com/temas/imagenestem/calibrealambre.gif>

(Navegado mayo de 2008)

[ELEC2006]http://electronica.udea.edu.co/gita/gita_archivos/paginas/experienc.htm

(Navegado julio de 2008)

[ELEC2006]http://electronica.udea.edu.co/gita/gita_archivos/paginas/comunicac.htm
Universidad de Antioquia - Facultad de Ingeniería Departamento de Electrónica
Departamento de Eléctrica Grupo GITA – Grupo GIMEL

(Navegado agosto de 2008)

[ELPA2008]<http://www.elpais.com/diccionarios/castellano/monof%C3%A1sico>

(Navegado septiembre de 2008)

[ES.T2008]<http://es.thefreedictionary.com/bif%C3%A1sica>

(Navegado septiembre de 2008)

[ENER2008]<http://energia.glosario.net/energia-domestica/baja-tensi%C3%B3n-6166.html>

(Navegado julio 2008)

[ES.W2008]http://es.wikipedia.org/wiki/Media_tensi%C3%B3n_el%C3%A9ctrica

(Navegado septiembre de 2008)

[FRIN2006]www.frino.com.ar/transformador.htm

(Navegado septiembre de 2008)

[GARA2007]http://garavito.colciencias.gov.co/pls/curriculola/gn_imprime.visualiza_cvlac?f_cod=0000225304&f_check=DUMMY&f_check=0&f_check=1&f_check=2&f_check=3&f_check=4&f_check=7&f_check=5&f_check=6&f_check=15&f_check=16&f_check=8&f_check=9&f_check=10&f_check=12&f_check=17&f_check=13&f_check=11&f_check=14&f_check=21&f_check=19&f_check=20&f_tpo=P&f_fmt=H&f_padrao=A&f_plv=0&f_setor=0&f_area=0&f_per_atu=0&f_anu_atu=&f_inf=1&f_cit=1&f_per_prod=0&f_anu_prod=

(Navegado agosto de 2008)

[HOME2008] HomePlug Powerline Alliance. www.plcforum.com
(Navegado febrero de 2008)

[HERN2007] SERGIO HERNANDO. [Mi primera conexión con Power Line Communications \(PLC\)](http://www.sahw.com/wp/archivos/2007/06/06/mi-primer-conexion-con-power-line-communications-plc/). <http://www.sahw.com/wp/archivos/2007/06/06/mi-primer-conexion-con-power-line-communications-plc/>
(Navegado febrero de 2008)

[HALI2004] Halid Hrasnica, Abdelfatteh Haidine, Ralf Lehnert, Broadband Powerline Communications Networks, John & Sons Ltd, primera edición
(Navegado febrero de 2008)

[INTE2007] http://www.intellon.com/pdfs/INT6300_Product_Brief.pdf
(Navegado mayo de 2008)

[INST1993] Segunda Edición. Febrero de 1993. Instalaciones Eléctricas residenciales y industriales. Rodrigo Robledo V.
(Navegado mayo de 2008)

[IMAG2008]<http://images.google.com.co/images?hl=es&q=breaker%2030amp&um=1&ie=UTF-8&sa=N&tab=wi>
(Navegado julio de 2008)

[INGE2007]<http://ingenieriayuniversidad.javeriana.edu.co/lyUVol10N2RedDomotica.htm>
(Navegado agosto de 2008)

[INFO2006]<http://informacion.wordpress.com/2006/07/11/definicion-tcp/>
(Navegado noviembre de 2008)

[IMAG2008]<http://images.google.com.co/images?ndsp=20&um=1&hl=es&q=tomacorientes&start=40&sa=N>
(Navegado mayo de 2008)

[MOMO2007] Rodrigo Rosales momografias.com
<http://www.monografias.com/trabajos14/gestioninformatica/gestioninformatica2.shtml>
(Navegado febrero de 2008)

[MOTO2007].MOTOROLA.Inc. Solución excesiva de banda ancha de Powerline (BPL). <http://motorola.canopywireless.com/solutions/bpl/>
(Navegado noviembre de 2007)

[MOTO2007]MOTOROLA.Inc.PowerlineSolutionFAQ.<http://motorola.canopywireless.com/support/library/?region=1&cat=8>

(Navegado noviembre de 2007)

[PERG2007]<http://www.pergaminovirtual.com.ar/definicion/IP.html>

(Navegado noviembre de 2008)

[REVI2007]<http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/view/170/461>

(Navegado agosto de 2008)

[REVI2005]<http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rev18-16.pdf?ri=112d02b2260755fb7f02d6713d0e4ea6>

(Navegado marzo de 2008)

[REVI2006]<http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/rev21art14.pdf?ri=4c7cebb6f5dde1a309967ee9dfd57cb6>

(Navegado agosto de 2008)

[SECA2005] <http://xataka.com/2005/03/15-un-nuevo-estandar-para-la-internet-por-la-linea-electrica>

(Navegado febrero de 2008)

[SENA2002]<http://www.senacitel.cl/downloads/senacitel2004/tt34.pdf>

(Navegado agosto de 2008)

[TELE2006] www.telefonica.es/rc2006telefonica/informe_rc/page2848.html.

(Navegado febrero de 2008)

[TREN2008] http://trendnet.com/langsp/products/proddetail.asp?prod=100_TPL-302E&cat=65

(Navegado mayo de 2008)

[THEF2008]<http://es.thefreedictionary.com/trif%c3%a1sica>

(Navegado septiembre de 2008)

[URE2005] Unión de Radioaficionados Españoles. <http://www.ure.es/plcure/>

(Navegado agosto 2008)

[WORD2008]<http://www.wordreference.com/definicion/inductancia>

(Navegado septiembre de 2008)

[WORD2008]<http://www.wordreference.com/definicion/transformador>

(Navegado octubre de 2008)

[XATA2006]XATACA blog de gadgets y electrónica de consumo.
<http://xataka.com/2005/03/15-un-nuevo-estandar-para-la-internet-por-la-linea-electrica>
(Navegado enero de 2008)

[XATA2006]XATACA blog de gadgets y electrónica de consumo.
<http://xataka.com/2007/09/14-analisis-del-sistema-hd-plc-de-panasonic>
(Navegado enero de 2008)

[XATA2006]XATACA blog de gadgets y electrónica de consumo.
<http://xataka.com/2006/10/25-d-link-dhp-301-conecta-ordenadores-por-la-lina-electrica>
(Navegado enero de 2008)

13. ANEXOS

- 13.1 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE D-LINK. FORMATO DIGITAL.
- 13.2 DOCUMENTACIÓN DE NORMATIVIDAD EN REDES ELÉCTRICAS. RETIE (REGLAMENTO TÉCNICO PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS). FORMATO DIGITAL.
- 13.3 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE MOTOROLA. FORMATO DIGITAL.
- 13.4 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE INTELLON. FORMATO DIGITAL.
- 13.5 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE PANASONIC. FORMATO DIGITAL.
- 13.6 DOCUMENTACIÓN DE PRUEBAS, VIDEOS. FORMATO DIGITAL.
- 13.7 DOCUMENTOS PARA CONSULTA. FORMATO DIGITAL.